



## TEMEL KAVRAMLAR

1) Elektrik miktarı  $+Q$ ; Birimi [C]. Daymüş gümüş oksit çözeltisinden doğru akım yardımıyla 1,118 mg gümüş ayrıştırılabilir elektrik miktarıdır.

$$1C = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ elektron} = 1A \cdot s$$

2) Akım  $-I$ ; Birimi [A]. Daymüş gümüş oksit çözeltisinden 1,118 mg gümüş ayrıştırılabilir (1 saniyede) elektrik akımında 1 A denir.

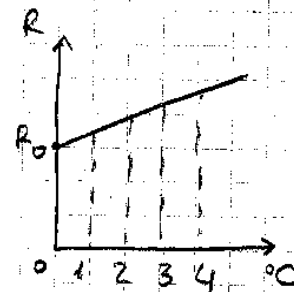
3) Direnç  $-R$ ; Birimi [ $\Omega$ ].  $0^\circ\text{C}$  de 1063 mm uzunluğunda ve  $1\text{mm}^2$  kesitinde cıva filamanının (Helmin) direnci  $1\Omega$ 'dir.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$1 \cdot 10^3 \Omega = 1\text{K}\Omega$$

$$1 \cdot 10^6 \Omega = 1\text{M}\Omega$$

$$1 \cdot 10^9 \Omega = 1\text{G}\Omega$$



$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (t - 20)]$$

$$\rho = \frac{\Omega \cdot \text{m}^2}{\text{mm}^2}$$

$\alpha$  ın örnek değerleri  $\rightarrow$  Bakır = +0,00390

$$\text{Al} = +0,00390$$

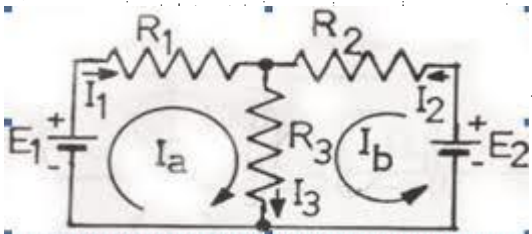
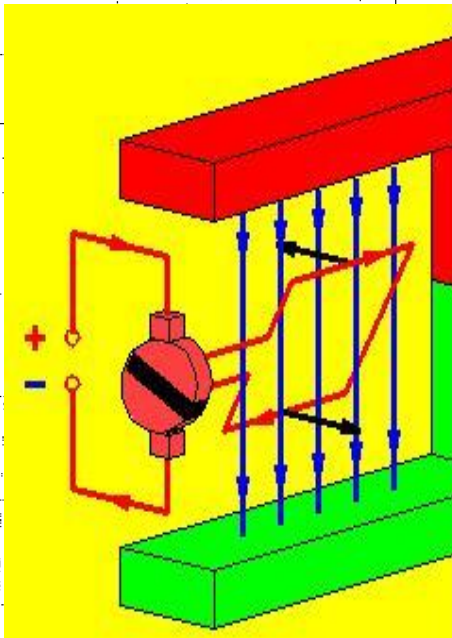
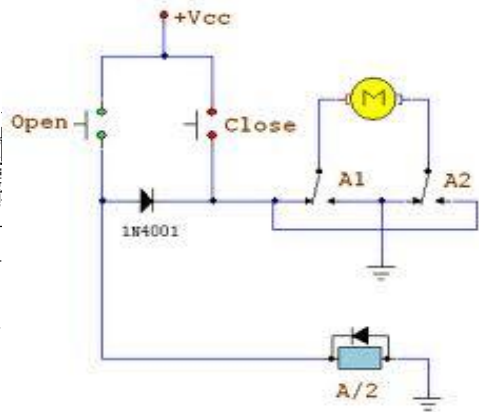
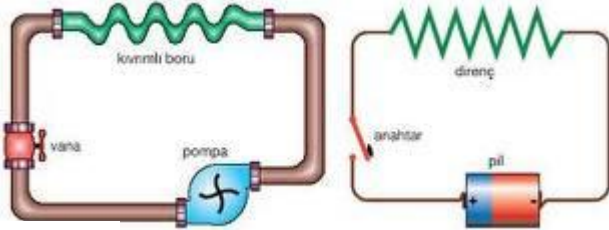
$$\text{C} = -0,0030$$

$$\text{Alman gümüşü} = +0,00070$$

$$\text{Platin} = +0,00390$$

$$\text{Yumşak gelik} = +0,00660$$

$$\text{Grafit} = -0,00020$$



4) Gerilim -  $U$ ; Birimi [V]: Akım geçmezken galvaniz kabuğun her iki ucunda ölçülen potansiyel farkı (V) tur. (Gerçek değeri  $20^{\circ}\text{C}$  için  $1,0125\text{ V}$ )

5) Sığa -  $F$ ; Birimi [F]: Bir kondansatörün potansiyelini  $1\text{ V}$  yükseltmek için  $1\text{ C}$  gerekiyorsa kondansatörün kapasitesi  $1\text{ F}$  dir.

$$1\text{ F} = 1.10^6\text{ }\mu\text{F} = 1.10^9\text{ nF} = 1.10^{12}\text{ pF}$$

6) İndüktans - Henry; Birimi [H]: Bir bobindeki akım miktarı saniyede  $1\text{ A}$  değişir ve buna tekabül eden gerilim miktarı  $1\text{ V}$  ise bobin indüktansı  $1\text{ H}$  dir denir.

$$H = \frac{V}{A \cdot s} = \Omega \cdot s$$



7) Güç -  $P$ ; Birimi [W]

$$P = \frac{W}{t} = \frac{U \cdot I}{V \cdot A} = W$$

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

$$1.10^3\text{ W} = 1\text{ kW} = 1,341\text{ hp} = 0,239\text{ kcal/s} = 9000\text{ BTU/s}$$

$$1.10^6\text{ W} = 1\text{ MW}$$

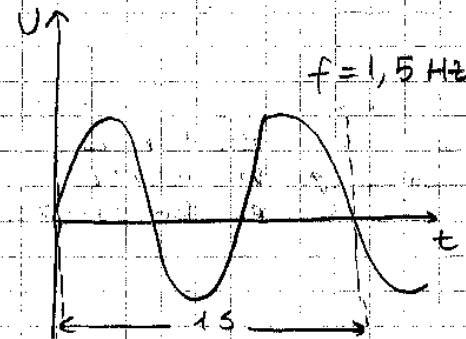
8) Enerji -  $W$ ; Birimi [W.s], [J]

$$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$$

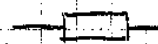
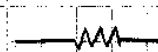
$$1\text{ W.s} = 1\text{ J} = 0,239 \cdot 10^{-6}\text{ kWh}$$

$$1\text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6\text{ W.s} = 859\text{ kcal} = 3413\text{ BTU}$$

9) Frekans -  $f$ ; Birimi [Hz]: 1 saniyedeki titreşim sayısı (kutup değişiminin sayısı)



- DİRENÇLER -



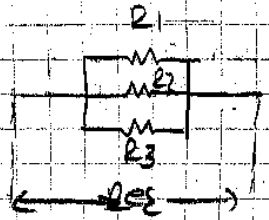
Kuralları:

1) Seri Bağlı Dirençler

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Seri bağlı devrelerde eşdeğer direnç değeri seri bağlanan tüm dirençlerin toplamına eşittir.

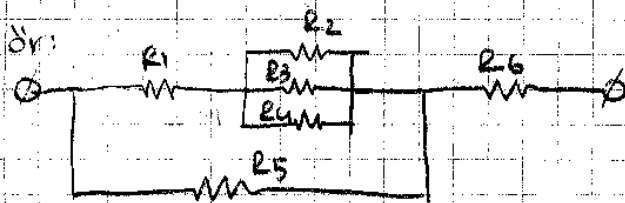
2) Paralel Bağlı Dirençler:



$$\frac{1}{R_{\text{eş}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

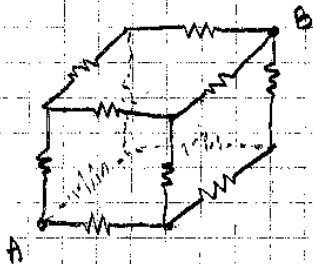
Paralel bağlı devrelerde eşdeğer direnç değeri en küçük dirence değerinden daha küçük olur.

3) Karma Direnç Devreleri:

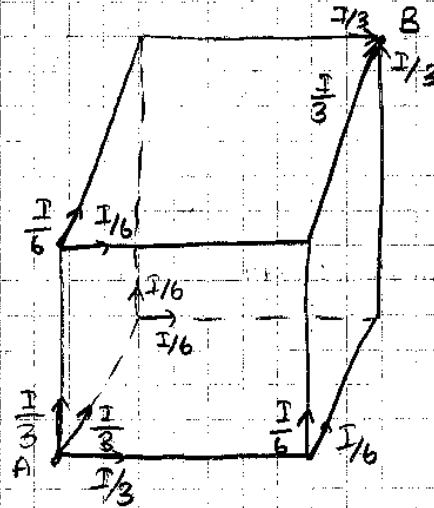


- $R_1 = 10k\Omega$
- $R_2 = 100\Omega$
- $R_3 = R_4 = 150k\Omega$
- $R_4 = R_5 = 1M\Omega$

Ödev: Şekilde verilen tüm dirençler eşit değere sahiptir.  $R = 3,7k\Omega$  a-b noktaları arasındaki eşdeğer direnci bulunuz.



Gözüm: simetrik olma özelliği kullanılarak ve ana koldan geçen akıma I dersek



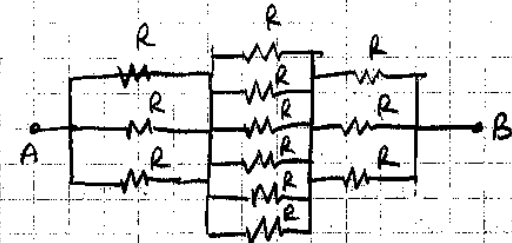
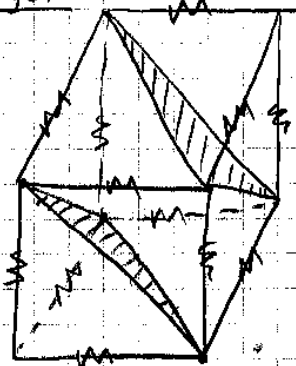
A dan B'ye giden herhangi bir yolu seçsek:

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 \\ &= I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 \\ &= \frac{I}{3} R + \frac{I}{6} R + \frac{I}{3} R \end{aligned}$$

$$V = \frac{5IR}{6}$$

$$\Rightarrow R_{\text{eş}} = \frac{5R}{6} = \frac{5 \cdot 2,7}{6} = 2,25$$

2.401



$$\frac{1}{R_{\text{eş}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R} \Rightarrow R_{\text{eş}} = \frac{R}{3}$$

$$\frac{1}{R_{\text{eş}}} = \frac{6}{R} \Rightarrow R_{\text{eş}} = \frac{R}{6} \quad \frac{1}{R_{\text{eş}}} = \frac{3}{R} \Rightarrow R_{\text{eş}} = \frac{R}{3}$$



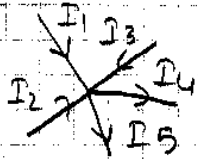
$$R_{\text{eş}} = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3} = \frac{5R}{6} = \frac{5 \cdot 2,7}{6} = 2,25\Omega$$

\*Potansiyel farkı aynı olan noktaları birbirine bağlarsak devrenin dengeli değişmez.

## KIRCHHOFF KANUNLARI

### 1. Kirchoff Kanunu

Herhangi bir devredeki düğüm noktasına iletken üzerinde giren akımların toplamı çıkan akımların toplamına eşittir.



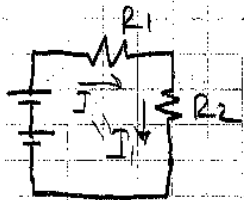
$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

Diğer bir deyişle düğüm noktasındaki akımların cebirsel toplamı 0'dır.

$$\sum I = 0$$

### 2. Kirchoff Kanunu

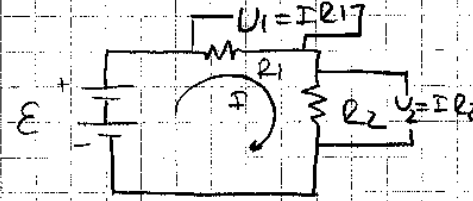
Herhangi bir kapalı elektrik devresinde akımla dirençin çarpımlarının cebirsel toplamı devreye uygulanan elektromotor kuvvete eşittir.



$$\sum IR = E$$

$$I \cdot R_1 + I \cdot R_2 = E$$

## Gevre Akımları Yöntemi



$$IR_1 + IR_2 = E$$

$$I(R_1 + R_2) = E$$

$$E = U_1 + U_2$$

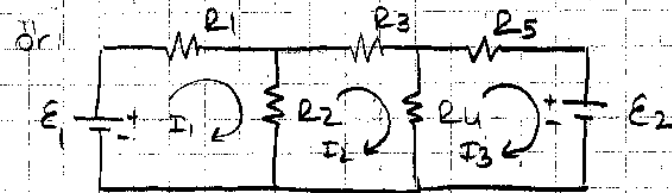


$$E = I_1 R_1 + I_1 R_2 - I_2 R_2$$

$$I_2 R_3 + I_2 R_4 + I_2 R_2 - I_1 R_2 = 0$$

$$\Rightarrow E = I_1 (R_1 + R_2) - I_2 R_2$$

$$0 = -I_1 R_2 + I_2 (R_3 + R_4 + R_2)$$



Gevre akımları yöntemini kullanarak  $R_2$  ve  $R_4$ 'ten geçen akımları bulunuz.

$$I_1 R_1 + I_1 R_2 - I_2 R_2 = E_1$$

$$I_2 R_3 + I_2 R_4 - I_3 R_4 + I_2 R_2 - I_1 R_2 = 0$$

$$I_3 R_5 + I_3 R_4 - I_2 R_4 = -E_2$$

$$I_1(R_1+R_2) - I_2 R_2 = \mathcal{E}_1$$

$$-I_1 R_2 + I_2(R_2+R_3+R_4) - I_3 R_4 = 0$$

$$-I_2 R_4 + I_3(R_4+R_5) = -\mathcal{E}_2$$

Genel Akımları Jönteminde Eşitlere dikkat edilir:

- 1) Akımlara gelmiş güzel yönler verilir. Bu yönlerin önemi yoktur sonuçta bulunan akım pozitif ise akımın yönü doğru seçilmiştir. Bulunan akım negatif ise akımın gerçek yönü, seçtiğimiz yönün tersidir.
- 2) Üreteçlerin + ve - kutupları işaretlenir.
- 3) Seçilen akım yönünde gidilirken üretecin + kutbundan çıkılıyorsa emk + olarak yazılır.
- 4) Seçilen akım yönünde - olarak çıkılıyorsa emk - olarak yazılır.
- 5) Göz adedi kadar denklem kurulur ve çözülür.

### MATRİS YÖNTEMİYLE DENKLEM ÇÖZÜLMESİ:

$$\begin{aligned} 5x + 9y &= 12 \\ -12x + 5y &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 5 & 9 \\ -12 & 5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta x = \begin{bmatrix} 12 & 9 \\ 0 & 5 \end{bmatrix} \quad x = \frac{\Delta x}{\Delta}$$

$$\Delta y = \begin{bmatrix} 5 & 12 \\ -12 & 0 \end{bmatrix} \quad y = \frac{\Delta y}{\Delta}$$

Determinantlar

$$\Delta = \begin{bmatrix} 5 & 9 \\ -12 & 5 \end{bmatrix} = 5 \cdot 5 - (-12) \cdot 9 = 133$$

$$\Delta x = \begin{bmatrix} 12 & 9 \\ 0 & 5 \end{bmatrix} = 12 \cdot 5 - 9 \cdot 0 = 60$$

$$\Delta y = \begin{bmatrix} 5 & 12 \\ -12 & 0 \end{bmatrix} = 5 \cdot 0 - (-12) \cdot 12 = 144$$

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta} = \frac{60}{133} = 0,451$$

$$y = \frac{\Delta y}{\Delta} = \frac{144}{133} = 1,082$$

ör:  $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}^{2 \times 2}$  matrisinin determinantını bulunuz.

$$\Delta A = 2 \cdot 3 - 1 \cdot 0 = 6$$

ör:  $7x - y = 15$   
 $-x + 6y + 10 = 0$  şeklinde verilen iki

bilinmeyenli denklemi determinant yöntemiyle çözünüz.

$$\begin{aligned} 7x - y &= 15 \\ -x + 6y &= -10 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 7 & -1 \\ -1 & 6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 \\ -10 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = 7 \cdot 6 - (-1)(-1) = 42 - 1 = 41$$

$$\Delta x = \begin{bmatrix} 15 & -1 \\ -10 & 6 \end{bmatrix} = 15 \cdot 6 - (-1)(-10) = 90 - 10 = 80$$

$$\Delta y = \begin{bmatrix} 7 & 15 \\ -1 & -10 \end{bmatrix} = 7 \cdot (-10) - (-1)(15) = -70 + 15 = -55$$

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta} = \frac{80}{41} = 1,95$$

$$y = \frac{\Delta y}{\Delta} = \frac{-55}{41} = -1,34$$

### Determinant Hesaplamada Saruss Kuralı

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \rightarrow \Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{31} & a_{32} \end{vmatrix}$$

$$\Delta = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - [a_{31}a_{22}a_{13} + a_{32}a_{23}a_{11} + a_{33}a_{21}a_{12}]$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{13} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{31} & \dots & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix}$$

$$\Delta x = \begin{bmatrix} d_1 & a_{12} & a_{13} \\ d_2 & a_{22} & a_{23} \\ d_3 & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad x = \frac{\Delta x}{\Delta}$$

$$\Delta y = \begin{bmatrix} a_{11} & d_1 & a_{13} \\ a_{12} & d_2 & a_{23} \\ a_{13} & d_3 & a_{33} \end{bmatrix} \quad y = \frac{\Delta y}{\Delta}$$

$$\Delta z = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & d_1 \\ a_{12} & a_{22} & d_2 \\ a_{13} & a_{32} & d_3 \end{bmatrix} \quad z = \frac{\Delta z}{\Delta}$$

$$\text{Ör:} \begin{cases} 2x - 5y + 2z = 7 \\ x + 2y - 4z = 3 \\ 3x - 4y - 6z = 5 \end{cases} \quad \text{denklemler sisteminde } x, y, z \text{ değerlerini bulunuz}$$

$$\begin{bmatrix} 2 & -5 & 2 \\ 1 & 2 & -4 \\ 3 & -4 & -6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7 \\ 3 \\ 5 \end{bmatrix}$$

$$\Delta x = \begin{bmatrix} 7 & -5 & 2 \\ 3 & 2 & -4 \\ 5 & -4 & -6 \end{bmatrix} = -[20 + 112 + 90] + (-84 + 100 - 21) = -230$$

$$\Delta y = \begin{bmatrix} 2 & 7 & 2 \\ 1 & 3 & -4 \\ 3 & 5 & -6 \end{bmatrix} = -36 - 84 + 10 - (18 - 40 - 42) = -46$$

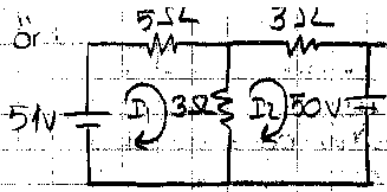
$$\Delta z = \begin{bmatrix} 2 & -5 & 7 \\ 1 & 2 & 3 \\ 3 & -4 & 5 \end{bmatrix} = -46$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} 2 & -5 & 2 \\ 1 & 2 & -4 \\ 3 & -4 & -6 \end{bmatrix} = -46$$

$$\Rightarrow x = \frac{\Delta x}{\Delta} = \frac{-230}{-46} = 5$$

$$y = \frac{\Delta y}{\Delta} = \frac{-46}{-46} = 1$$

$$z = \frac{\Delta z}{\Delta} = \frac{-46}{-46} = 1$$



Şekildeki devrede kaynaklardan geçen akımları ve ortadaki  $3\Omega$ 'luk dirençten geçen akımı bulunuz.

$$I_1 \cdot 5 + I_1 \cdot 3 - I_2 \cdot 3 = 51$$

$$I_2 \cdot 3 + I_2 \cdot 3 - I_1 \cdot 3 = -50$$

$$\begin{aligned} 4I_1 - I_2 &= 51 \\ -I_1 + I_2 &= -50 \end{aligned}$$

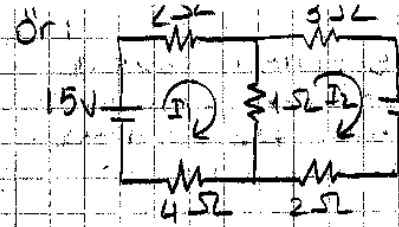
$$\begin{aligned} 16I_1 - 6I_2 &= 102 \\ + -3I_1 + 6I_2 &= -50 \end{aligned}$$

$$13I_1 = 52 \Rightarrow I_1 = \frac{52}{13} = 4 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{-38}{6} = -\frac{19}{3} \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 4 - \left(-\frac{19}{3}\right) = 4 + \frac{19}{3} = \frac{31}{3} \text{ A}$$

51 V'luk kaynaktan 4 A, 50V'luk kaynaktan  $6,33$  A; ortadaki  $3\Omega$ 'luk dirençten de  $10,33$  A'lık akım geçer.



Şekildeki devrede kaynaklardan geçen akımları ve  $1\Omega$ 'luk direnç üzerinden geçen akımı bulunuz.

$$2I_1 + I_1 - I_2 + 4I_1 = 15$$

$$3I_2 + 2I_2 + I_2 - I_1 = -10$$

$$7I_1 - I_2 = 15$$

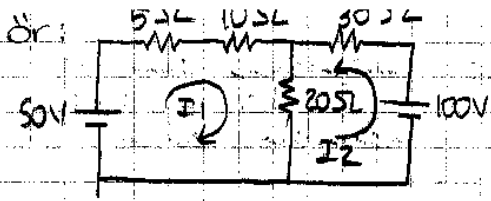
$$-I_1 + 6I_2 = -10$$

$$\begin{aligned} 7I_1 - I_2 &= 15 \\ + -I_1 + 6I_2 &= -10 \end{aligned}$$

$$4I_2 = -55 \Rightarrow I_2 = \frac{-55}{4} = -1,34 \text{ A}$$

$$I_1 = 1,95 \text{ A}$$

$$I = I_1 - I_2 = 1,95 + 1,34 = 3,29 \text{ A}$$



Şekildeki devrede 5 ve 30Ω'lık dirençlerden geçen akımları ve 20Ω'lık direnç üzerine düşen gerilimi bulunuz.

$$5I_1 + 10I_1 + 20I_1 + 20I_2 = 50V$$

$$30I_2 + 20I_2 + 20I_1 = +100V$$

$$35I_1 + 20I_2 = 50$$

$$20I_1 + 50I_2 = 100$$

$$\times / 7I_1 + 4I_2 = 10$$

$$\rightarrow / 4I_1 + 10I_2 = 20$$

$$28I_1 + 16I_2 = 40$$

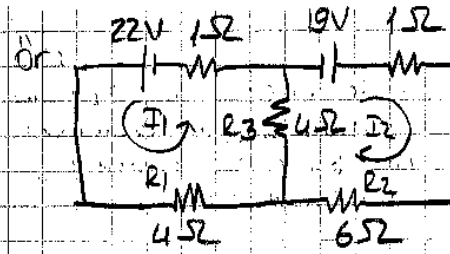
$$-28I_1 + 30I_2 = -100$$

$$-54I_2 = -100 \Rightarrow I_2 = \frac{-100}{-54} = \frac{50}{27} = 1,85A$$

$$I_1 = \frac{50}{135} = 0,37A$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 1,85 + 0,37 = 2,22A$$

$$U = I_3 \cdot 20 = 2,22 \cdot 20 = 44,4V$$



Şekildeki devrede  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ 'ten geçen akımları bulunuz.

$$4I_1 + 4I_1 + I_1 + 4I_2 = 22V$$

$$I_2 + 6I_2 + 4I_2 + 4I_1 = 19V$$

$$\times / 9I_1 + 4I_2 = 22V$$

$$-9 / 4I_1 + 11I_2 = 19V$$

$$86I_1 + 16I_2 = 88$$

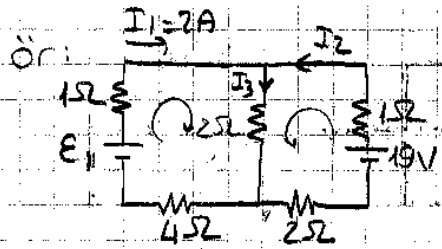
$$-36I_1 - 99I_2 = -171$$

$$-83I_2 = -83 \Rightarrow I_2 = \frac{83}{83} A = 1A$$

$$I_1 = 2A$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 3A$$





Şekildeki devrede  $I_1$  verilmek olup  $I_2, I_3$  akımlarıyla  $E_1$  emk değeri sorulmaktadır.

$$2 \cdot 2 + I_2 \cdot 2 + 4 \cdot 2 + 1 \cdot 2 = E_1$$

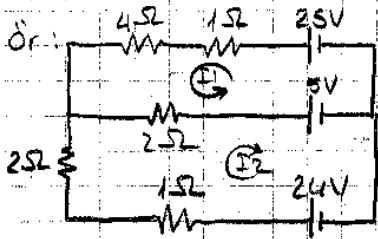
$$4 + 2I_2 + 8 + 2 = E_1$$

$$19 = I_2 + 2I_2 + 2 \cdot 2 + 2I_2$$

$$15 = 9I_2 \Rightarrow I_2 = 3 \text{ A}$$

$$\Rightarrow E_1 = 14 + 2 \cdot 3 = 14 + 6 = 20 \text{ V}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 3 + 2 = 5 \text{ A}$$



Şekildeki devrede üreteçlerden geçen akımları bulunuz.

$$I_1 + 4I_1 + 2I_1 + 2I_2 = 25 - 5$$

$$I_2 + 2I_2 + 2I_2 + 2I_1 = 24 - 5$$

$$2/ \quad 7I_1 + 2I_2 = 20$$

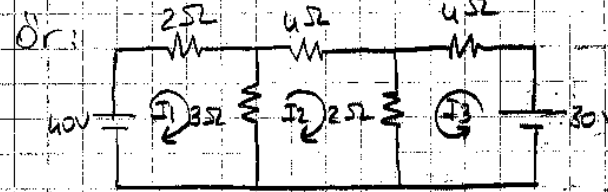
$$14I_1 + 4I_2 = 40$$

$$-2/ \quad 2I_1 + 5I_2 = 19$$

$$-14I_1 - 35I_2 = -133$$

$$-31I_2 = -93$$

$$I_1 = 2 \text{ A} \quad I_2 = 3 \text{ A} \quad I_3 = 2 \text{ A}$$



$3\Omega$ 'luk dirençten geçen akımı devre akımları yöntemiyle bulunuz.

$$2I_1 + 3I_1 - 3I_2 = 40 \text{ V}$$

$$3I_2 + 2I_2 + 4I_2 - 2I_3 - 8I_1 = 0$$

$$4I_3 + 2I_3 - 2I_2 = 30 \text{ V}$$

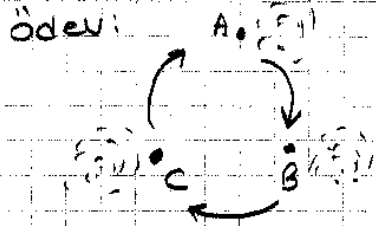
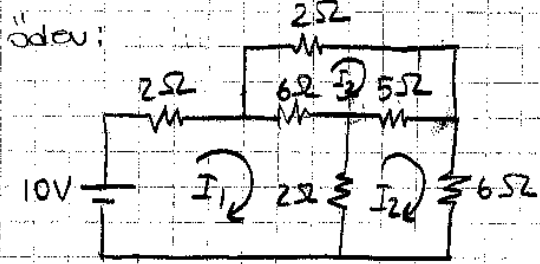
$$5I_1 - 3I_2 = 40 \text{ V}$$

$$9I_2 - 8I_1 - 2I_3 = 0$$

$$6I_3 - 2I_2 = 30 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} 5I_1 - 3I_2 + 0 &= 40 \text{ V} \\ -3I_1 + 9I_2 - 2I_3 &= 0 \\ 0 - 2I_2 + 6I_3 &= 30 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 5 & -3 & 0 \\ -3 & 9 & -2 \\ 0 & -2 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 40 \\ 0 \\ 30 \end{bmatrix}$$



Herbiri birbirinden kendisinde kalan kadar koyun aldıktan sonra geriye ellerinde eşit sayıda koyun kalıyor. Buna göre başlangıçta herbirinin kaçar koyunu vardı? en az

(Önce A B'ye soruyor)

Gözüm:

$$2I_1 + 6I_1 - 6I_3 + 2I_1 - 2I_2 = 10$$

$$2I_3 + 6I_3 - 6I_1 + 5I_3 - 5I_2 = 0$$

$$5I_2 + 6I_2 + 2I_2 - 5I_3 - 2I_1 = 0$$

$$10I_1 - 2I_2 - 6I_3 = 10$$

$$-6I_1 - 5I_2 + 13I_3 = 0$$

$$-2I_1 + 13I_2 + 5I_3 = 0$$

$$\begin{bmatrix} 10 & -2 & -6 \\ -6 & -5 & 13 \\ -2 & 13 & -5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 10 & -2 & -6 & 10 & -2 \\ -6 & -5 & 13 & -6 & -5 \\ -2 & 13 & -5 & -2 & 13 \end{vmatrix}$$

$$= 250 + 52 + 468 - (-60 + 1690 - 60)$$

$$= -800$$

$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 10 & -2 & -6 & 10 & -2 \\ 0 & -5 & 13 & 0 & -5 \\ 0 & 13 & -5 & 0 & 13 \end{vmatrix}$$

$$= 250 - 1690 = -1440$$

$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 10 & 10 & -6 & 10 & 10 \\ -6 & 0 & 13 & -6 & 0 \\ -2 & 0 & -5 & -2 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= -260 - 300 = -560$$

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 10 & -2 & 10 & 10 & -2 \\ -6 & -5 & 0 & -6 & -5 \\ -2 & 13 & 0 & -2 & 13 \end{vmatrix}$$

$$= -780 - 100 = -880$$

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{-1440}{-800} = 1,8 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{-560}{-800} = 0,7 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{-880}{-800} = 1,1 \text{ A}$$

Gözüm 2

$$x + x = 2x - [z - (y - x)]$$

$$2[z - (y - x)] \rightarrow 2(y - x)$$

$$2x - [z - (y - x)] = 2(y - x) = 2[z - (y - x)]$$

$$2x - z + y - x = 2y - 2x = 2z - 2y + 2x$$

$$x - z + y = 2y - 2x = 2z - 2y + 2x$$

$$y - x = z - y + x$$

$$2y - 2x = z$$

$$x - (2y - 2x) + y = 2y - 2x$$

$$x - 2y + 2x + y = 2y - 2x$$

$$5x = 3y$$

$$\Rightarrow x = 3 \quad y = 5$$

$$z = 2y - 2x = 10 - 6 = 4$$

$$x = 3, \quad y = 5, \quad z = 4$$

2.yol

$$\begin{cases} -2x + 2y + 0 = k \\ 2x - 2y + 2z = k \\ x + y - z = k \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} -2 & 2 & 0 \\ 2 & -2 & 2 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k \\ k \\ k \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} -2 & 2 & 0 & -2 & 2 \\ 2 & -2 & 2 & 2 & -2 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$= (-4 + 4 + 0) - (0 + 4 - 4) = 8$$

$$\Delta x = \begin{vmatrix} k & 2 & 0 & -2 & 2 \\ k & -2 & 2 & 2 & -2 \\ k & 1 & -1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$= 2k + 4k + 0 - (0 + 2k - 2k) = 6k$$

$$\Delta y = \begin{vmatrix} -2 & k & 0 & -2 & k \\ 2 & k & 2 & 2 & k \\ 1 & k & -1 & 1 & k \end{vmatrix}$$

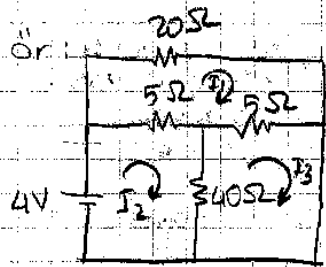
$$= 2k + 2k + 0 - (-4k - 2k + 0) = 10k$$

$$\Delta z = \begin{vmatrix} -2 & 2 & k & -2 & 2 \\ 2 & -2 & k & 2 & -2 \\ 1 & 1 & k & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$= 4k + 2k + 2k - (-2k - 2k + 4k) = 8k$$

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta} = \frac{6k}{8} = \frac{3k}{4} \quad y = \frac{\Delta y}{\Delta} = \frac{10k}{8} = \frac{5k}{4}$$

$$z = \frac{\Delta z}{\Delta} = \frac{8k}{8} = \frac{4k}{4} \quad k \in \mathbb{Z}, 4$$



$$\begin{aligned} 30I_1 - 5I_2 - 5I_3 &= 0 \\ -5I_1 + 45I_2 - 40I_3 &= 4 \\ -5I_1 - 40I_2 + 45I_3 &= 0 \end{aligned}$$

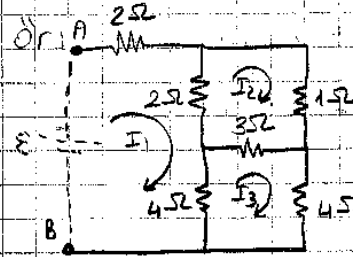
$$\begin{bmatrix} 30 & -5 & -5 \\ -5 & 45 & -40 \\ -5 & -40 & 45 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 30 & -5 & -5 & 30 & -5 \\ -5 & 45 & -40 & -5 & 45 \\ -5 & -40 & 45 & -5 & 40 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} &= -60750 + 1000 + 1000 - (1125 + 48000 + 1125) \\ &= 8500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta I_1 &= \begin{vmatrix} 0 & -5 & -5 & 0 & 5 \\ 4 & 45 & -40 & 4 & -45 \\ 0 & -40 & 45 & 0 & -40 \end{vmatrix} \\ &= 800 + 900 = 1700 \end{aligned}$$

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{1700}{8500} = 0,2A$$



Devredaki AB noktaları arasındaki eşdeğer direncini Gevce akımları yöntemiyle bulunuz

$$R_{AB} = \frac{E}{I_1} \quad \text{Hayali bir } R_{AB} \text{ direnci varmış gibi düşünülür}$$

$$\begin{aligned} 8I_1 - 2I_2 - 4I_3 &= E \\ -2I_1 + 6I_2 - 3I_3 &= 0 \\ -4I_1 - 3I_2 + 11I_3 &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 8 & -2 & -4 \\ -2 & 6 & -3 \\ -4 & -3 & 11 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

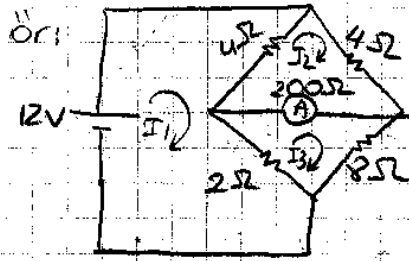
$$\Delta = \begin{vmatrix} 8 & -2 & -4 & 8 & -2 \\ -2 & 6 & -3 & -2 & 6 \\ -4 & -3 & 11 & -4 & 3 \end{vmatrix}$$

$$= 528 - 24 - 24 - (+96 + 72 + 44) = 268$$

$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} E & -2 & -4 & E & -2 \\ 0 & 6 & -3 & 0 & 6 \\ 0 & -3 & 11 & 0 & 3 \end{vmatrix} = 66E - 9E = 57E$$

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{57E}{268}$$

$$R_{AB} = \frac{E}{I_1} = \frac{268}{57E} \cdot E = 4,7\Omega$$



Şekildeki devrede 19 dirençli 200Ω olan bir ampermetreden geçen akımı çözümler akımları yöntemiyle bulunuz.

$$\begin{aligned} 6I_1 - 4I_2 - 2I_3 &= 12V \\ -4I_1 + 208I_2 - 200I_3 &= 0 \\ -2I_1 - 200I_2 + 210I_3 &= 0 \end{aligned}$$

?

$$\begin{bmatrix} 6 & -4 & -2 \\ -4 & 208 & -200 \\ -2 & -200 & 210 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 & -4 & -2 & 6 & -4 \\ -4 & 208 & -200 & -4 & 208 \\ -2 & -200 & 210 & -2 & -200 \end{vmatrix}$$

$$= 262080 - 1600 - 1600 - (832 + 240000 + 33600) = 14688$$

$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 6 & 12 & -2 & 6 & 12 \\ -4 & 0 & -200 & -4 & 0 \\ -2 & 0 & 210 & -2 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= 4800 + 10080 = 14880$$

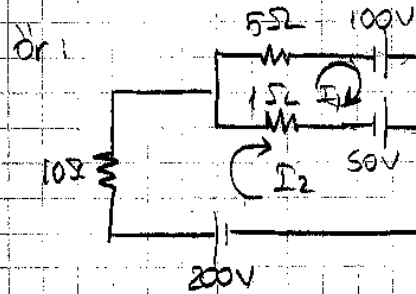
$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 6 & -4 & 12 & 6 & -4 \\ -4 & 208 & 0 & -4 & 208 \\ -2 & -200 & 0 & -2 & 200 \end{vmatrix}$$

$$= 9600 + 4992 = 14592$$

$$I_2 = \frac{14880}{14688} = 1,013A$$

$$I_3 = \frac{14592}{14688} = 0,993A$$

$$I_A = I_2 - I_3 = 1,013 - 0,993 = 0,02A = 20mA$$



Her bir dirençten geçen akımları bulunuz.

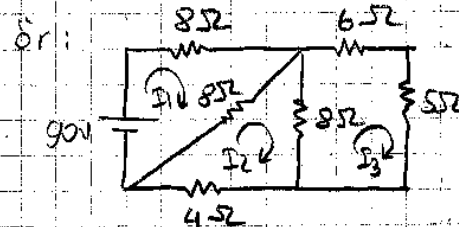
$$6I_1 - I_2 = 50V$$

$$-I_1 + 11I_2 = 250V$$

$$\begin{aligned} 6I_1 - I_2 &= 50V \\ -6I_1 + 66I_2 &= 1500V \end{aligned}$$

$$65I_2 = 1450 \Rightarrow I_2 = 22,3A$$

$$6I_1 = 26,16 \Rightarrow I_1 = 4,36A$$



6Ω'lık dirençten geçen akımı bulunuz.

$$\begin{aligned} 16I_1 - 8I_2 + 0 &= 90V \\ -8I_1 + 20I_2 - 8I_3 &= 0 \\ 0 &- 8I_2 + 19I_3 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 16 & -8 & 0 \\ -8 & 20 & -8 \\ 0 & -8 & 19 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 90 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

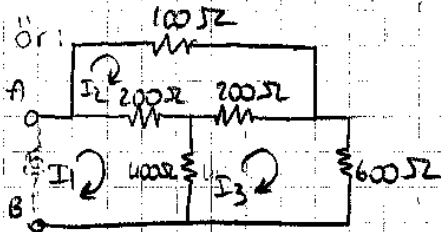
$$\Delta = \begin{vmatrix} 16 & -8 & 0 \\ -8 & 20 & -8 \\ 0 & -8 & 19 \end{vmatrix}$$

$$= 6080 - (1024 + 1216) = 3840$$

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 16 & -8 & 90 \\ -8 & 20 & 0 \\ 0 & -8 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= 5760$$

$$I_3 = \frac{5760}{3840} = 1,5 \text{ A}$$



AB arasındaki e değeri dirençli devre akımları yöntemiyle yapınız

$$\begin{aligned} 600 I_1 - 200 I_2 - 400 I_3 &= \mathcal{E} \\ -200 I_1 + 500 I_2 - 200 I_3 &= 0 \\ -400 I_1 - 200 I_2 + 1200 I_3 &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 600 & -200 & -400 \\ -200 & 500 & -200 \\ -400 & -200 & 1200 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathcal{E} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 600 & -200 & -400 \\ -200 & 500 & -200 \\ -400 & -200 & 1200 \end{vmatrix}$$

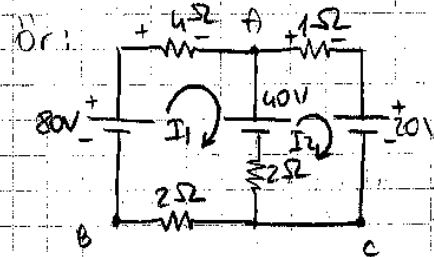
$$\begin{aligned} &= 360 \cdot 10^6 - 16 \cdot 10^6 - 16 \cdot 10^6 - (80 \cdot 10^6 + 24 \cdot 10^6 + 48 \cdot 10^6) \\ &= 176 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} \mathcal{E} & -200 & -400 \\ 0 & 500 & -200 \\ 0 & -200 & 1200 \end{vmatrix}$$

$$= 60 \cdot 10^4 \mathcal{E} + 4 \cdot 10^4 \mathcal{E} = 56 \mathcal{E} \cdot 10^4$$

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{56 \mathcal{E} \cdot 10^4}{176 \cdot 10^6}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{176 \cdot 10^6}{56 \cdot 10^4} \cdot \mathcal{E} = 314,28 \Omega$$



Şekildeki devrede  $U_{AB}$  ve  $U_{AC}$  gerilim değerlerini bulunuz.

$$\begin{aligned} 2I_1 - 2I_2 &= 80 - 40 \\ -2I_1 + 3I_2 &= 40 - 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2I_1 - 6I_2 &= 120 \\ -4I_1 + 6I_2 &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 20I_1 &= 160 \Rightarrow I_1 = 8 \text{ A} \\ I_2 &= 12 \text{ A} \end{aligned}$$

$$U_{AC} = 20 + 1 \cdot 12 = 32 \text{ V}$$

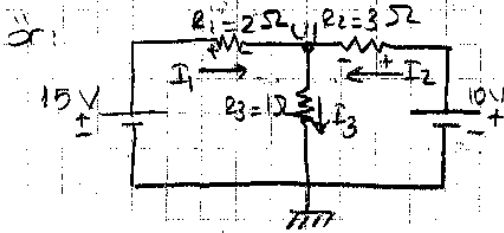
$$U_{AB} = 80 - 4 \cdot 8 = 80 - 32 = 48 \text{ V}$$

## DÜĞÜM NOKTALARI YÖNTEMİ:

Bu yöntemde devredeki düğüm noktalarından biri referans düğüm olarak kabul edilir ve bu düğüm noktası topraklanır.

Referans düğümün dışındaki noktalar  $U_1, U_2, \dots$  olarak adlandırılır.

Düğüm noktaları gerilimleri bilindikten sonra elemanlardan geçen akım bulunabilir.



Sekildeki devrede dirençlerden geçen akımları düğüm noktaları yöntemiyle bulunuz.

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$15 - I_1 \cdot 2 = U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{15 - U_1}{2}$$

$$10 + 3I_2 = U_1 \Rightarrow I_2 = \frac{10 - U_1}{3}$$

$$1 \cdot I_3 = U_1 \Rightarrow I_3 = U_1$$

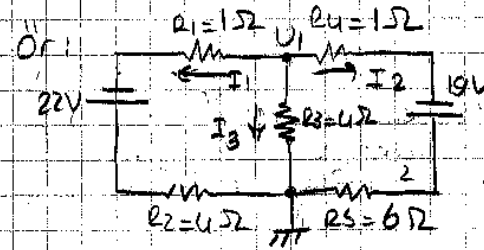
$$U_1 = \frac{15 - U_1}{2} + \frac{10 - U_1}{3}$$

$$6U_1 = 45 - 3U_1 + 20 - 2U_1$$

$$11U_1 = 65 \Rightarrow U_1 = 5,9 \text{ V} = I_3 \cdot 1 \Rightarrow I_3 = 5,9 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_1 = 15 - 2 \cdot 5,9 = 4,55 \text{ A}$$

$$I_2 = 10 - 3 \cdot 5,9 = 1,36 \text{ A}$$



Sekildeki devrede dirençlerden geçen akımları düğüm noktaları yöntemiyle bulunuz.

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$22 - (R_1 + R_2) I_1 = U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{22 - U_1}{R_1 + R_2}$$

$$19 - (R_4 + R_5) I_2 = U_1 \Rightarrow I_2 = \frac{19 - U_1}{R_4 + R_5}$$

$$I_3 \cdot R_3 = U_1 \Rightarrow I_3 = \frac{U_1}{R_3}$$

$$\frac{U_1}{4} = \frac{22 - U_1}{5} + \frac{19 - U_1}{7}$$

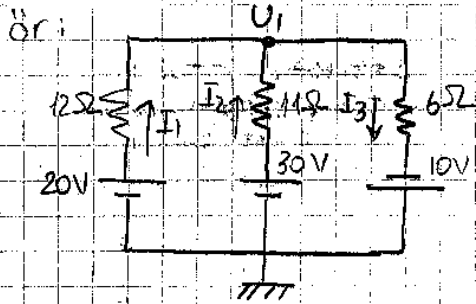
$$35U_1 = 616 - 28U_1 + 380 - 20U_1$$

$$U_1 = 12 \text{ V}$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{22 - 12}{5} = \frac{10}{5} = 2 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{19 - 12}{7} = \frac{7}{7} = 1 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{12}{4} = 3 \text{ A}$$



Şekildeki devrede dirençlerden geçen akımları düğüm gerilimlerini yönleriyle bulunuz.

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$20 - 12I_1 = U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{20 - U_1}{12}$$

$$30 - 11I_2 = U_1 \Rightarrow I_2 = \frac{30 - U_1}{11}$$

$$10 - 6I_3 = -U_1 \Rightarrow I_3 = \frac{10 + U_1}{6}$$

$$\frac{10 + U_1}{6} = \frac{30 - U_1}{11} + \frac{20 - U_1}{12}$$

$$\frac{10 + U_1}{6} = \frac{360 - 12U_1 + 220 - 11U_1}{132}$$

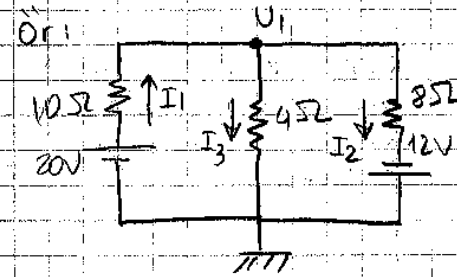
$$220 + 22U_1 = 580 - 23U_1$$

$$45U_1 = 360 \Rightarrow U_1 = 8V$$

$$I_1 = \frac{20 - 8}{12} = \frac{12}{12} = 1A$$

$$I_2 = \frac{30 - 8}{11} = \frac{22}{11} = 2A$$

$$I_3 = \frac{10 + 8}{6} = \frac{18}{6} = 3A$$



Şekildeki devrede dirençlerden geçen akımları bulunuz.

$$I_1 = I_3 + I_2$$

$$20 - 10I_1 = U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{20 - U_1}{10}$$

$$4I_3 = U_1 \Rightarrow I_3 = \frac{U_1}{4}$$

$$12 - 8I_2 = -U_1 \Rightarrow I_2 = \frac{12 + U_1}{8}$$

$$\frac{20 - U_1}{10} = \frac{U_1}{4} + \frac{12 + U_1}{8}$$

(4)                      (10)                      (5)

$$80 - 4U_1 = 10U_1 + 60 + 5U_1$$

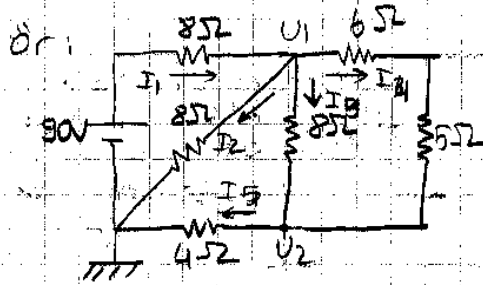
$$20 = 19U_1 \Rightarrow U_1 = \frac{20}{19} = 1,05V$$

$$I_1 = \left( \frac{20 - \frac{20}{19}}{10} \right) \cdot \frac{1}{10} = 2 - \frac{2}{19} = \frac{36}{19} A = 1,895A$$

$$I_3 = \frac{20}{19 \cdot 4} = \frac{5}{19} A = 0,262A$$

$$I_2 = \left( \frac{12 + \frac{20}{19}}{8} \right) \cdot \frac{1}{8} = \frac{3}{2} + \frac{5}{2 \cdot 19} = \frac{52}{38} A = 1,368A$$





Şekildeki devrede  
5Ω'lık direncten  
geçen akımı düğüm  
kuraları yönleriyle  
bulunuz.

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$I_5 = I_3 + I_4$$

$$90 - I_1 \cdot 6 = U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{90 - U_1}{6}$$

$$8I_2 = U_1 \Rightarrow I_2 = \frac{U_1}{8}$$

$$8I_3 = U_1 - U_2 \Rightarrow I_3 = \frac{U_1 - U_2}{8}$$

$$6I_4 = U_1 - U_2 \Rightarrow I_4 = \frac{U_1 - U_2}{6}$$

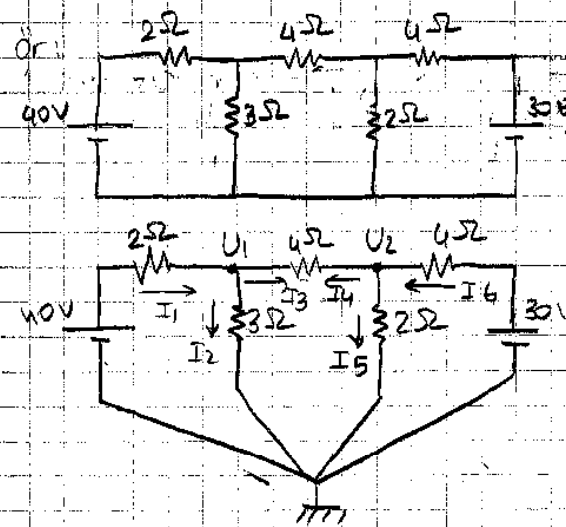
$$4I_5 = U_2 \Rightarrow I_5 = \frac{U_2}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{90 - U_1}{6} = \frac{U_1}{8} + \frac{U_1 - U_2}{8} + \frac{U_1 - U_2}{6}$$

$$\frac{U_2}{4} = \frac{U_1 - U_2}{8} + \frac{U_1 - U_2}{6}$$

$$\Rightarrow U_1 = 30,75V \quad U_2 = 14,25V$$

$$I_4 = \frac{30,75 - 14,25}{6} = \frac{16,5}{6} = 2,75A$$



Şekildeki devrede  
3Ω'lık direncten  
geçen akımı düğüm  
kuralı yönleriyle buluz.

$$40 - 2I_1 = U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{40 - U_1}{2}$$

$$3I_2 = U_1 \Rightarrow I_2 = \frac{U_1}{3}$$

$$4I_3 = U_1 - U_2 \Rightarrow I_3 = \frac{U_1 - U_2}{4}$$

$$4I_4 = U_2 - U_1 \Rightarrow I_4 = \frac{U_2 - U_1}{4} = -I_3$$

$$2I_5 = U_2 \Rightarrow I_5 = \frac{U_2}{2}$$

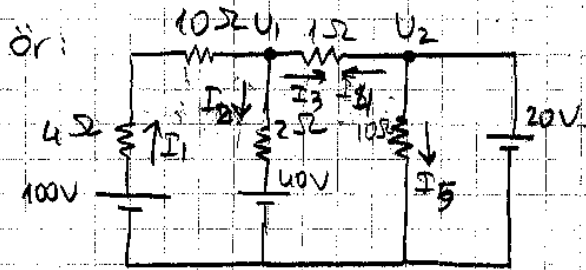
$$30 - 4I_6 = U_2 \Rightarrow I_6 = \frac{30 - U_2}{4}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow \frac{40 - U_1}{2} = \frac{U_1}{3} + \frac{U_1 - U_2}{4}$$

$$I_6 = I_4 + I_5 \Rightarrow \frac{30 - U_2}{4} = \frac{U_2 - U_1}{4} + \frac{U_2}{2}$$

$$U_1 = 21,4V \quad U_2 = 12,85V$$

$$I_2 = \frac{U_1}{3} = \frac{21,4}{3} = 7,14A$$



1Ω'lık direnç-  
ten geçen  
akımı bulunuz.

$$100 - 4I_1 - 10I_1 = U_1 \Rightarrow I_1 = \frac{100 - U_1}{14}$$

$$40 + 2I_2 = U_1 \Rightarrow I_2 = \frac{40 - U_1}{2}$$

$$I_3 = U_1 - U_2 \Rightarrow I_3 = U_1 - 20$$

$$I_4 = U_2 - U_1 \Rightarrow I_4 = 20 - U_1$$

$$10I_5 = U_2 \Rightarrow I_5 = 2 \text{ A}$$

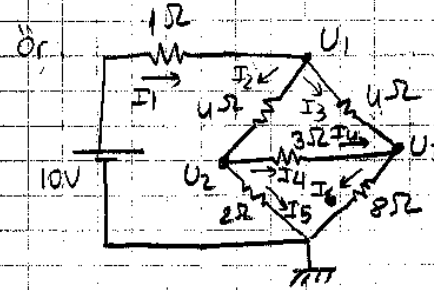
$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$\Rightarrow \frac{100 - U_1}{14} = \frac{40 - U_1}{2} + U_1 - 20$$

$$100 - U_1 = -280 + 7U_1 + 14U_1 - 280$$

$$660 = 22U_1 \Rightarrow U_1 = 30 \text{ V}$$

$$I_3 = 30 - 20 = 10 \text{ A}$$



$U_1$ ,  $U_2$  ve  $U_3$   
değerlerini bulunuz.

$$10 - I_1 = U_1 \Rightarrow I_1 = 10 - U_1$$

$$4I_2 = U_1 - U_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U_1 - U_2}{4}$$

$$4I_3 = U_1 - U_3 \Rightarrow I_3 = \frac{U_1 - U_3}{4}$$

$$3I_4 = U_2 - U_3 \Rightarrow I_4 = \frac{U_2 - U_3}{3}$$

$$2I_5 = U_2 \Rightarrow I_5 = \frac{U_2}{2}$$

$$8I_6 = U_3 \Rightarrow I_6 = \frac{U_3}{8}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow 10 - U_1 = \frac{U_1 - U_2}{4} + \frac{U_1 - U_3}{4}$$

$$I_2 = I_4 + I_5 \Rightarrow \frac{U_1 - U_2}{4} = \frac{U_2 - U_3}{3} + \frac{U_2}{2}$$

$$I_6 = I_4 + I_3 \Rightarrow \frac{U_3}{8} = \frac{U_2 - U_3}{3} + \frac{U_1 - U_3}{4}$$

$$6U_1 - U_2 - U_3 = 40$$

$$3U_1 - 13U_2 - 4U_3 = 0$$

$$-6U_1 - 8U_2 + 17U_3 = 0$$

$$\begin{bmatrix} 6 & -1 & -1 \\ 3 & -13 & 4 \\ -6 & -8 & 17 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 40 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 & -1 & -1 & 6 & -1 \\ 3 & -13 & 4 & 3 & -13 \\ -6 & -8 & 17 & -6 & -8 \end{vmatrix}$$

$$= (6 \cdot (-13) \cdot 17 + 24 + 24) - (+78 - 192 - 51)$$

$$= -1278 + 321 = -957$$

$$\Delta U_1 = -7560 \Rightarrow U_1 = \frac{\Delta U_1}{\Delta} = \frac{-7560}{-957} = 7,9V$$

$$\Delta U_2 = -3000 \Rightarrow U_2 = \frac{\Delta U_2}{\Delta} = \frac{-3000}{-957} = 3,13V$$

$$\Delta U_3 = -4080 \Rightarrow U_3 = \frac{\Delta U_3}{\Delta} = \frac{-4080}{-957} = 4,26V$$

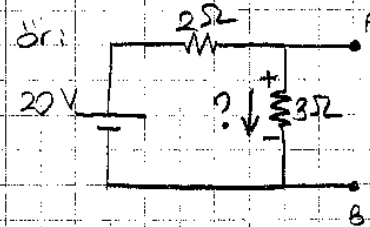
### Thévenin Teoremi

Bir elektrik devresi herhangi iki noktasına göre bir gerilim kaynağı ve ona seri bağlı bir dirençle gösterilebilir. Elde edilen devreye Thévenin eşdeğeri denir.

Devrenin belirlenen iki noktasındaki gerilim değeri Thévenin eşdeğerindeki gerilim kaynağının değeridir.

Eşdeğer devredeki gerilim kaynağına seri bağlı direncin değeri devrenin belirlenen iki noktasına göre eşdeğer direncin değeridir.

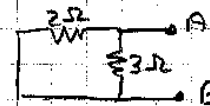
Eşdeğer direnç değeri hesaplanırken devredeki gerilim kaynakları kısa devre, akım kaynaklarıysa açık devre kabul edilir.



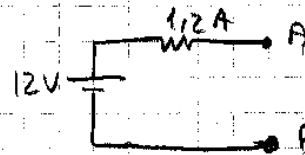
Şekildeki devrenin Thévenin eşdeğerini bulunuz.  
(A-B noktalarına göre)

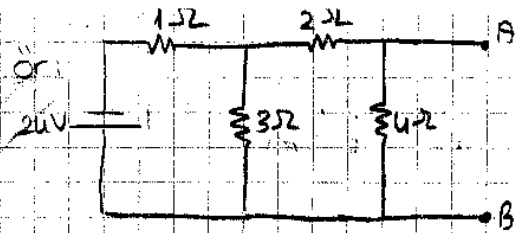
$$I = \frac{U}{R_{eE}} = \frac{20}{5} = 4A$$

$$U_{AB} = 4 \cdot 3 = 12V$$



$$R_{eE} = \frac{2 \cdot 3}{2+3} = \frac{6}{5} = 1,2\Omega$$





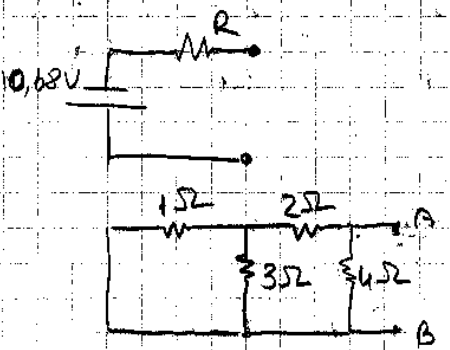
$$R_{ee} = ((2+4) // 3) + 1 = 2 + 1 = 3 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R_{ee}} = \frac{20}{3} = 6.67 \text{ A}$$

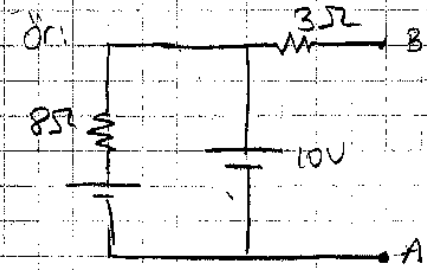
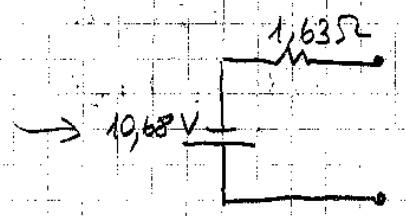


$$I_3 = \frac{20 - 8}{2 + 4} = \frac{12}{6} = 2,67 \text{ A}$$

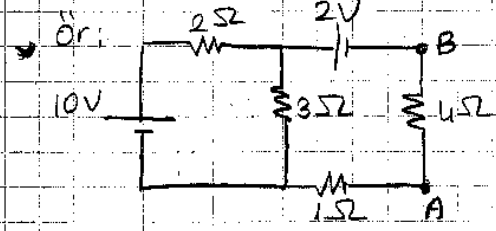
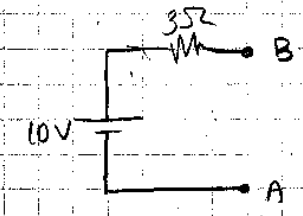
$$U_{th} = 2,67 \cdot 4 = 10,68 \text{ V}$$



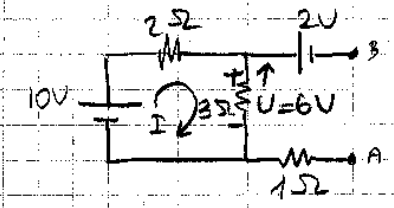
$$R_{th} = ((1 // 3) + 2) // 4 = \frac{44}{27} = 1,63 \Omega$$



Thevenin eşdeğerini bulunuz



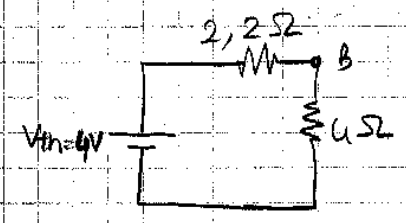
Şebekedeki devrede 4Ω'lık dirençten geçen akımı Thevenin teoreminde yararlanarak bulunuz.



$$I = \frac{-10}{2+3} = -2 \text{ A}$$

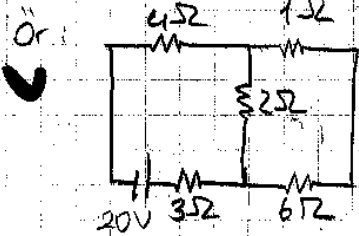
$$U_{3\Omega} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ V}$$

$$U_{th} = 6 - 2 = 4 \text{ V}$$

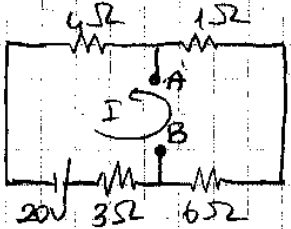


$$R_{th} = (2 // 3) + 1 = 2,2 \Omega$$

$$I_{4\Omega} = \frac{4}{2,2+4} = \frac{4}{6,2} = 0,64 \text{ A}$$



Şekildeki devrede  $2\Omega$ 'lık dirençten geçen akımı +thvenin teoreminde yararlanılarak bulunuz.



$$I = \frac{20}{3+6+1+4} = \frac{20}{14} = 1,4285A$$

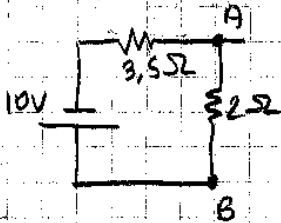
$$U_{AB} = 6 \cdot 1,43 + 1 \cdot 1,43 = 10V$$

$$U_{AB} = 20 - 3 \cdot 1,43 - 4 \cdot 1,43 = 10V$$

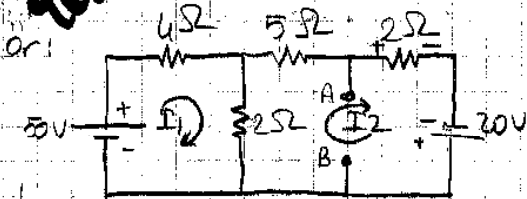
$$V_{th} = 10V$$

$$R_{th} = (4+3) \parallel (6+1) = 3,5\Omega$$

$$I_{2\Omega} = \frac{10}{2+3,5} = \frac{10}{5,5} = 1,818A$$



Ör:



Şekildeki devrenin A-B uçlarına bağlanan  
a)  $1\Omega$   
b)  $2\Omega$   
c)  $3\Omega$ 'lük dirençten geçen akımı bulunuz.

$$6I_1 - 2I_2 = 50$$

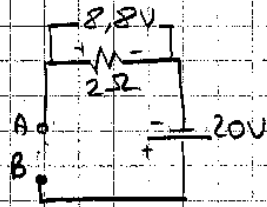
$$-2I_1 + 9I_2 = 20$$

$$6I_1 - 2I_2 = 50$$

$$+ - 6I_1 + 2I_2 = 60$$

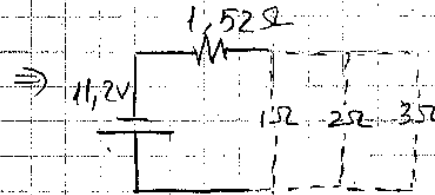
$$110 = 25I_2 \Rightarrow I_2 = 4,4A$$

$$I_1 = 9,8A$$



$$U_{AB} = 20 - 2,8 = 17,2V$$

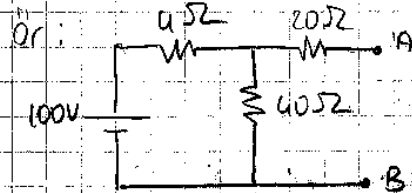
$$R_{th} = ((4 \parallel 2) + 5) \parallel 2 = 1,52\Omega$$



$$I_1 = 4,44A$$

$$I_2 = 3,18A$$

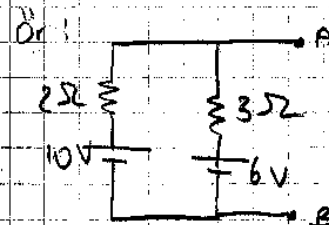
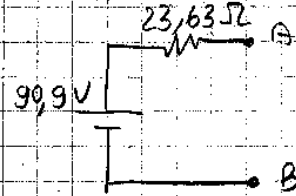
$$I_3 = 2,47A$$



A-B'ye göre devrenin thvenin eşdeğerini bulunuz.

$$I = \frac{100}{44} = 2,27A$$

$$U_{th} = 40 \cdot 2,27 = 90,9V \quad R_{th} = (4 \parallel 40) + 20 = 23,63\Omega$$



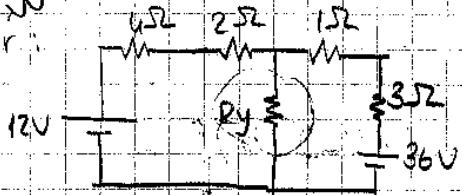
$$I = \frac{10-6}{5} = \frac{4}{5} = 0,8A$$

$$U = 3 \cdot 0,8 = 2,4V$$

$$U_{th} = 6 + 2,4 = 8,4V$$

$$R_{th} = 1,2\Omega$$

ör:



$R_y = 2,6 \Omega$  için bu dengenin geçen akımı Thevenin thm' den yararlanarak bulunuz.

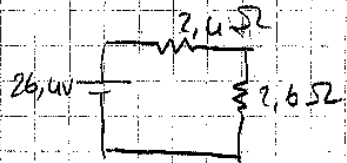
$$U_{e\epsilon} = 36 - 12 = 24 \text{ V}$$

$$R_{e\epsilon} = 10 \Omega \Rightarrow I_{e\epsilon} = \frac{24}{10} = 2,4 \text{ A}$$

$$U = 2,4 \cdot 4 = 9,6 \text{ V}$$

$$\Rightarrow U_{e\epsilon} = 36 - 9,6 = 26,4 \text{ V}$$

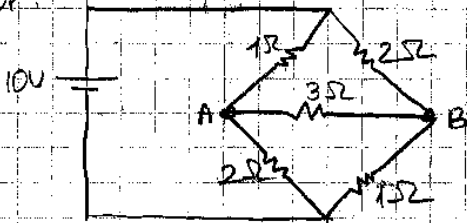
$$R_{e\epsilon} = (4+2) \parallel (1+3) = 2,4 \Omega$$



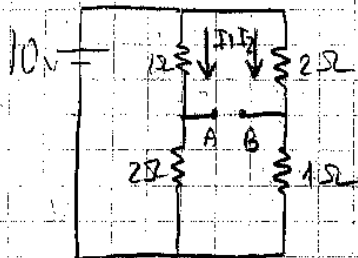
$$\Rightarrow R = 2,4 + 2,6 = 5$$

$$\Rightarrow I = \frac{26,4}{5} = 5,28 \text{ A}$$

ör:



$3 \Omega$  'luk dengenin geçen akımı bulunuz?



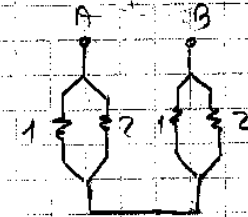
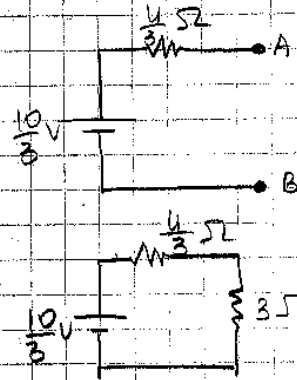
$$I_1 = \frac{10}{1+2} = \frac{10}{3} \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{10}{3} \text{ A}$$

$$V_A = \frac{10}{3} \cdot 2 = \frac{20}{3} \text{ V}$$

$$V_B = \frac{10}{3} \cdot 1 = \frac{10}{3} \text{ V}$$

$$U_{th} = U_B - U_A = \frac{20}{3} - \frac{10}{3} = \frac{10}{3} \text{ V}$$

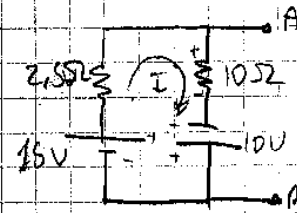


$$\Rightarrow I_{23} = \frac{10}{\frac{10}{3} + 3} = 0,77 \text{ A}$$

ör:



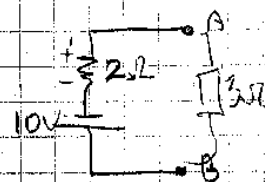
$3 \Omega$  'luk dengenin geçen akımı? Thevenin Yrd. Bulun



$$U_{e\epsilon} = 15 + 10 = 25 \text{ V}$$

$$R_{e\epsilon} = 10 + 2,5 = 12,5 \Omega$$

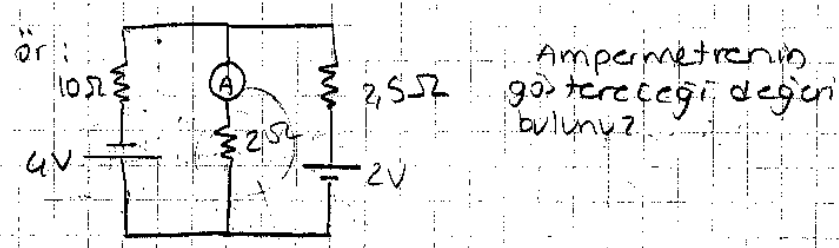
$$I = \frac{25}{12,5} = 2 \text{ A}$$



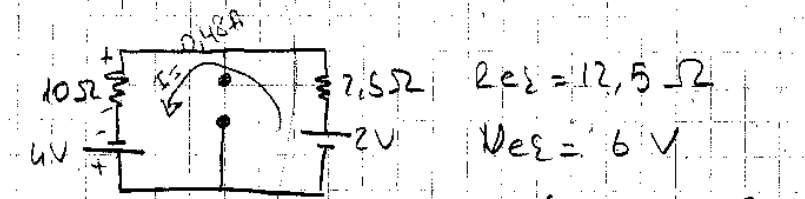
$$U_{th} = \frac{2 \cdot 10}{2+3} - 10 = 20 - 10 = 10 \text{ V}$$

$$R_{th} = (2,5 \parallel 10) + 3 = 5 \Omega$$

$$\Rightarrow I = \frac{10}{5} = 2 \text{ A}$$

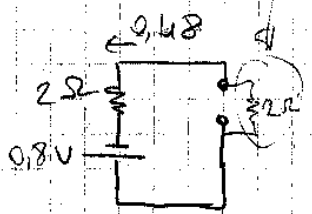


Ampemetrenin göstereceği değeri bulunuz?

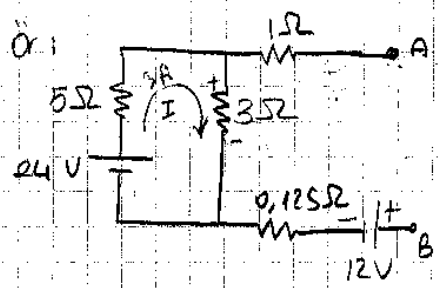


$R_{e\epsilon} = 12,5 \Omega$   
 $U_{e\epsilon} = 6 V$

$\Rightarrow I = \frac{6}{12,5} = 0,48 A$



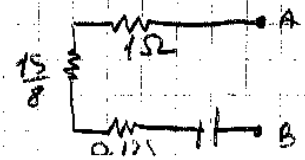
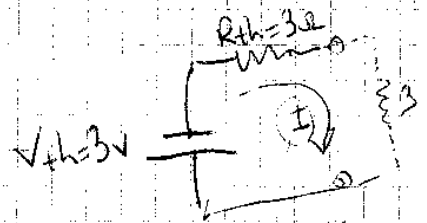
$U_{th} = \frac{I \cdot R_{10}}{4} - 4 = 0,8 V$   
 $R_{Th} = 2,5 \parallel 10 = 2 \Omega$   
 $I_{th} = \frac{0,8}{4} = 0,2 A$



AB uçlarına 3Ω'lık direnç bağlanırsa bu dirençten geçen akımı ve yönünü bulunuz.

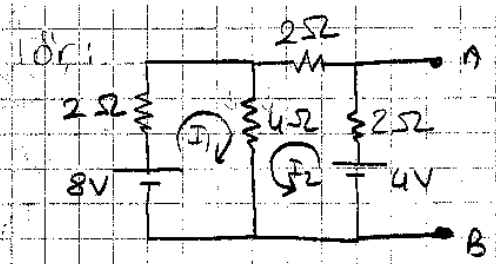
$I = \frac{24}{8} = 3 A$

$R_{e\epsilon} = \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{3}\right)^{-1} = \left(\frac{8}{15}\right)^{-1} = \frac{15}{8} \Omega$



$R_{Th} = 3 \Omega$   
 $U_{Th} = 12 - (3 \times 3) = 3 V$

$\Rightarrow I = \frac{3}{6} = 0,5 A$



A B uçlarına 1Ω'lık direnç bağlanırsa akımı ve yönünü bulunuz.

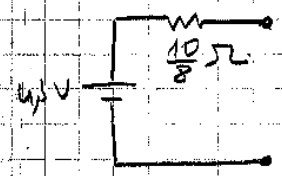
$\begin{cases} 6 I_1 + 4 I_2 = 8 \\ 4 I_1 + 8 I_2 = 4 \end{cases}$

$\begin{aligned} 12 I_1 + 8 I_2 &= 16 \\ -4 I_1 + 8 I_2 &= 4 \end{aligned}$

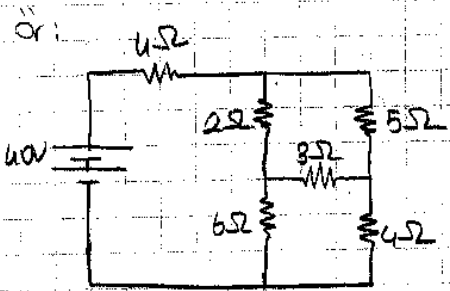
$8 I_1 = 12 \Rightarrow I_1 = 1,5$   
 $I_2 = -0,25$

$U = 2 \cdot 0,25 = 0,5 V$   
 $U_{Th} = 4 + 0,5 = 4,5 V$

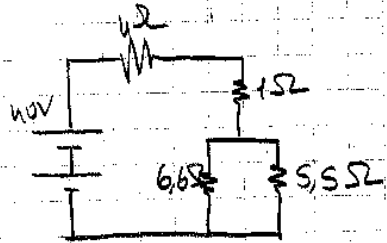
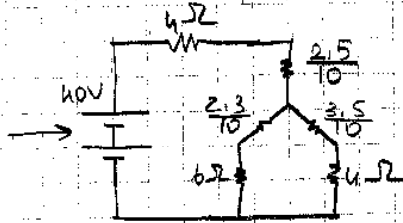
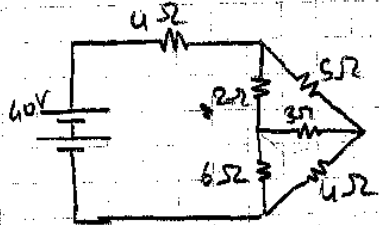
$R_{e\epsilon} = ((2 \parallel 4) + 2) \parallel 2 = \frac{10}{8} \Omega$



$\Rightarrow I = \frac{4,5}{\frac{10}{8}} = \frac{4,5 \cdot 8}{10} = 3,6 A$



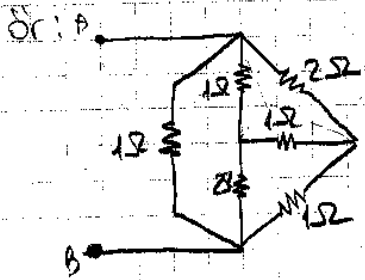
Ana kol akımını bulunuz.



$$R_{eq} = 5 + 6,6 // 5,5$$

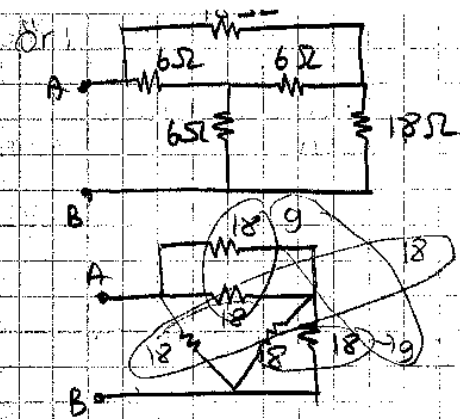
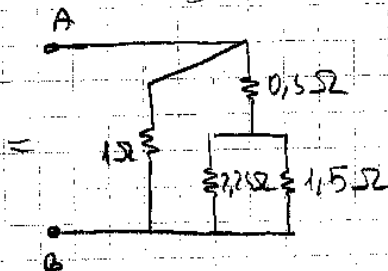
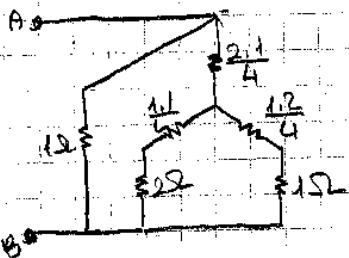
$$= 8\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{40}{8} = 5A$$

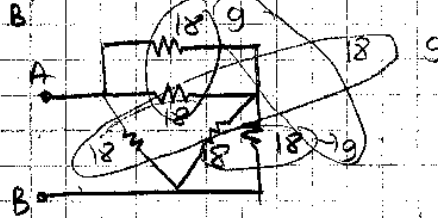


Edeğer direnci bulunuz.

$$R_{eq} = 0,5\Omega$$



$R_{eq} = ?$

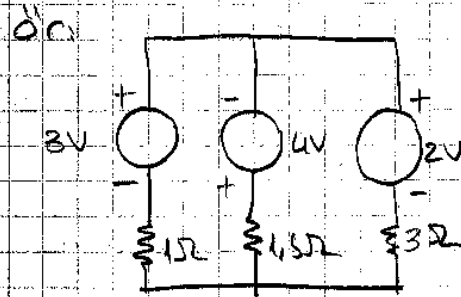


$$\Rightarrow R_{eq} = 9$$

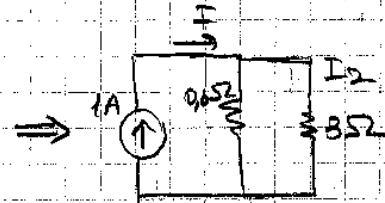
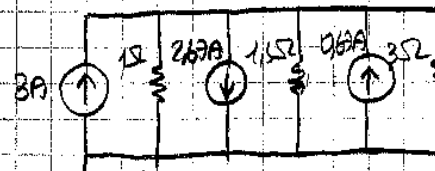
### Millman Teoremi

Kaynak dönüşümleri yapmakla bilhassa 2'den fazla kaynağı olan devreleri basitleştirerek istenilen koldaki akımı bulmak kolaylaşır.

Bu bağlamda yapılan görüme Millman teoremi adı verilir.

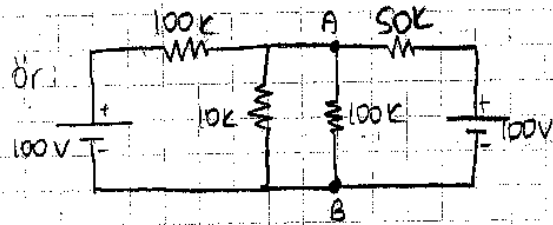


Şekildeki devrede 3Ω'luk dirençten geçen akımı Millman teo. ile bulunuz.

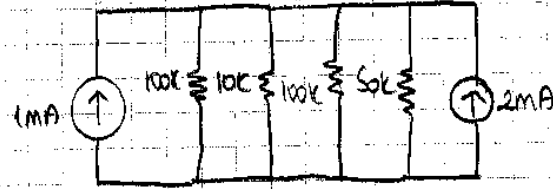


$$I_2 = 1 \cdot \frac{0,6}{3,6} = 0,17A$$

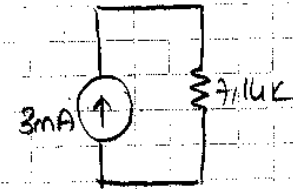




Ör: Şekildeki devrede AB uçlarındaki gerilimi Milliman trim ile bulunuz.



$$R_{eq} = 100 // 25 = 7,14k$$



$$U_{AB} = 3 \cdot 7,14 = 21,42V$$

Maddelerin özgül ısı tablosu

Madde adı	Özgül ısı (C[cal/g])
Al	0,21
Alüminyum	0,056
Bakır	0,093
Su	1
Buz	0,5
Civa	0,033
Demir	0,11
Gelik	0,15
Platin	0,032

→ bir maddenin 1g'in sıcaklığını 1°C yükseltmek için gerekli olan ısıdır.

Q = İletkenden yayılan ısı miktarı [cal]

W = İletkenin ısı enerjisi [Joule]

U = İletkene uygulanan gerilim [V]

I = akım [A]

t = İletkenden akımın geçme süresi [S]

$$1cal = 4,18J$$

$$1J = 0,24cal$$

Ör: Üzerinden 3A'lık akım geçen 100Ω'lık bir potansiyometrenin gücünü bulunuz.

$$P = I^2 R = 9 \cdot 100 = 900 \text{ Watt}$$

Ör: Direnci 500Ω olan bir cihaz 2000 watt'a kadar çalışmaktadır. Bu cihazın çekebileceği maksimum akımı bulunuz.

$$P = I^2 R \Rightarrow 2000 = 500 I^2 \Rightarrow 4 = I^2 \Rightarrow I = 2A$$

Ör: Bir elektrikli ısıtıcının üzerinde 220 volt, 120 watt yazmaktadır.

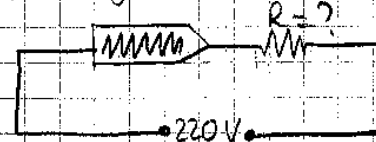
- Elektrikli ısıtıcının direnci
- 3 dakikada ürettiği enerjiyi bulunuz.

$$U = 220V, P = 120 \text{ watt}$$

$$a) P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow 120 = \frac{(220)^2}{R} \Rightarrow R = 403,33 \Omega$$

$$b) W = P \cdot t = 120 (3 \cdot 60) = 21600 J$$

Ör: Üzerinde 550 watt, 110 volt yazan bir ısıtıcı 220 volt gerilimde şekildeki gibi bir R direnciyle kullanılacaktır.



Isıtıcının çalışması için R direncinin ne olacağını bulunuz.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{550}{110} = 5A$$

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{220}{5} = 44 \Omega$$

$$P = I^2 R \Rightarrow 550 = 25 R \Rightarrow R = 22 \Omega$$

$$P_R = I^2 \cdot R = 25 \cdot 22 = 550 \text{ W}$$

Ör: Dirençü  $10 \Omega$  olan bir elektrikli ısıtıcı  $220 \text{ V}$ 'ta bir doğru akım kaynağına bağlanmıştır.

- Isıtıcıdan geçen akımı
- Isıtıcının gücünü
- Isıtıcının  $10 \text{ s}$ 'de vereceği ısı enerjisini
- Bu ısıtıcı  $2 \text{ sa}$  kullanıldığında  $\text{kWh}$ 'sı  $80000 \text{ TL}$ 'den kaç  $\text{TL}$ 'lik elektrik enerjisi sarf etmiş olur?

$$R = 10 \Omega$$

$$U = 220 \text{ V}$$

- $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}$
- $P = I^2 \cdot R = 22^2 \cdot 10 = 4840 \text{ W} = 4,84 \text{ kW}$
- $W = P \cdot t = 4840 \cdot 10 = 48400 \text{ J}$
- $W = P \cdot t = 4,84 \cdot 2 = 9,68 \text{ kWh}$

$$\frac{1 \text{ kWh}}{9,68} \cdot 80000 = x \Rightarrow 826446 \text{ TL}$$

Ör: Dirençü  $22 \Omega$  olan bir elektrikli ısıtıcı  $220 \text{ V}$ 'ta bir gerilime bağlanmıştır.

- Isıtıcıdan geçen akımı
- Isıtıcının gücünü
- Isıtıcının  $1 \text{ dk}$ 'da vereceği ısı enerjisini

$$R = 22 \Omega, U = 220 \text{ V}$$

$$a) I = \frac{U}{R} = \frac{220}{22} = 10 \text{ A}$$

$$b) P = I^2 \cdot R = 100 \cdot 22 = 2200 \text{ W}$$

$$c) W = P \cdot t = 2200 \cdot 60 = 132000 \text{ J}$$

$$\frac{1 \text{ J}}{132000} \cdot 0,24 \text{ (cal)} \cdot x = 0,24 \cdot 132000 = 31680 \text{ cal} = 31,68 \text{ kcal}$$

Ör: Üzerinden  $5 \text{ A}$  akım geçen  $R$  dirençli bir iletken  $1 \text{ kg}$ 'lık suyun içine daldırılıyor.  $1 \text{ dk}$  içinde suyun sıcaklığı  $30^\circ$  arttığına göre  $R$  dirençünün değerini bulunuz.

$$I = 5 \text{ A}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

$$= 1000 \cdot 1 \cdot 30 = 30000 \text{ cal} = 30 \text{ kcal}$$

$$W = P \cdot t \Rightarrow P = \frac{W}{t} = \frac{30}{60} = 0,5 \text{ kcal/sa}$$

$$P = I^2 \cdot R \Rightarrow \frac{500}{0,24} = 25 \cdot R \Rightarrow R = 83,33 \Omega$$

Ör: Bir elektrikli su ısıtıcısı dirençü  $1,2 \text{ k}$  olup  $220 \text{ V}$ 'ta çalışmaktadır. Bu ısıtıcıyla  $500 \text{ g}$  suyun sıcaklığı  $5 \text{ dk}$ 'da  $10^\circ \text{C}$ 'den kaç  $^\circ \text{C}$ 'ye çıkabilir?

$$R = 1200 \Omega$$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$m = 500 \text{ g}$$

$$t = 5 \cdot 60 = 300 \text{ s}$$

$$t_1 = 10^\circ \text{C}$$

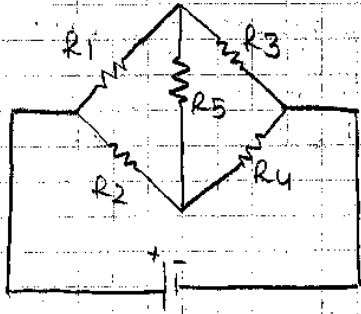
$$W_1 = W_2$$

$$m \cdot c \cdot \Delta t = \frac{U^2}{R} \cdot t \cdot 0,24$$

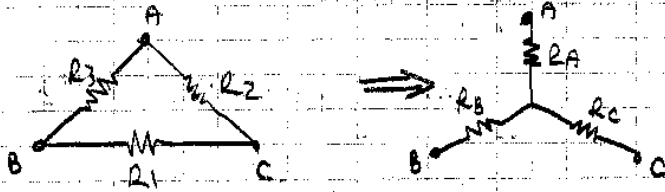
$$500 \cdot 1 \cdot (t_2 - 10) = \frac{(220)^2}{1200} \cdot 300 \cdot 0,24$$

$$1500$$

$$1500$$


 $R_2, R_4, R_5 = \text{Yıldız}$ 
 $R_1, R_3, R_5 = \text{Üçgen}$ 

Üçgen bağlantının Yıldız'a dönüşümü:



$$\Delta_{RAB} = R_3 \parallel (R_2 + R_1) = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$\Delta_{RAB} = R_A + R_B$$

$$\Delta_{RBC} = R_1 \parallel (R_2 + R_3)$$

$$\Delta_{RBC} = R_B + R_C$$

$$\Delta_{RAC} = R_2 \parallel (R_1 + R_3)$$

$$\Delta_{RAC} = R_A + R_C$$

$$\Rightarrow R_A + R_B = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (1)$$

$$\Rightarrow R_B + R_C = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (2)$$

$$\Rightarrow R_A + R_C = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (3)$$

1 nolu denklemden 3 nolu denklem çıkartıldığında  $R_A$  lardan kurtulmuş oluruz. Bunun için sonra 2 nolu denklemle toplarsak  $R_C$  den de kurtulmuş oluruz ve sadece  $R_B$  'yi buluruz.

$$R_B = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (I)$$

$$I - III = R_B - R_C = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} - \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$+ II = R_B + R_C = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$2R_B = \frac{R_1 R_3 + R_2 R_3 - R_1 R_2 - R_2 R_3 + R_1 R_2 + R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$\cancel{2R_B} = \frac{\cancel{R_1 R_3} + R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \Rightarrow R_B = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

1 nolu denklemden  $R_B$  yerine bulunmuş eşitlik yazılırsa  $R_A$  bulunur.

$$R_A = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (II)$$

3 nolu denklemden  $R_A$  yerine konduğunda  $R_C$  bulunur.

$$R_C = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (III)$$

### Yıldız - Üçgen Dönüşümü:

I, II ve III nolu denklemleri ikiser ikiser çarpıp toplarsak IV nolu denklem elde edilebilir.

$$R_{AB} + R_{BC} + R_{AC} = \frac{R_1 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)^2} R_2 R_3 + \frac{R_1 R_3 \cdot R_1 R_2}{(R_1 + R_2 + R_3)^2} + \frac{R_1 R_2 \cdot R_1 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)^2}$$

$$= \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$\Rightarrow R_{AB} + R_{BC} + R_{AC} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad \text{IV}$$

IV nolu denklem I nolu denkleme bölündüğünde

$$R_2 = \frac{R_{AB} + R_{BC} + R_{AC}}{R_B}$$

IV nolu denklem II nolu denkleme bölündüğünde

$$R_1 = \frac{R_{AB} + R_{BC} + R_{AC}}{R_A}$$

IV nolu denklem III nolu denkleme bölündüğünde

$$R_3 = \frac{R_{AB} + R_{BC} + R_{AC}}{R_C}$$

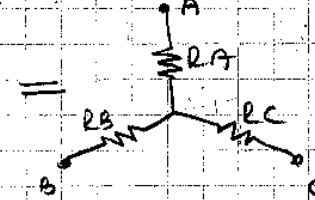
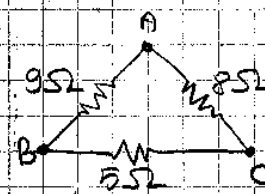
Eğer yıldız devrenin dirençleri birbirine eşitse

$$R_{\Delta} = 3 R_{\lambda} \quad \text{olur.}$$

Üçgen devrenin dirençleri birbirine eşitse

$$R_{\lambda} = \frac{R_{\Delta}}{3} \quad \text{olur.}$$

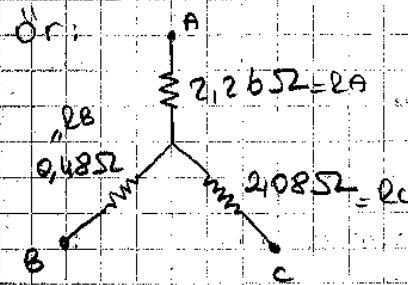
Ör: Şekildeki üçgen devrenin eşdeğeri olan yıldız devresinin dirençlerini bulunuz.



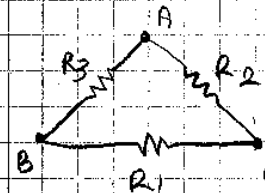
$$R_A = \frac{9 \cdot 8}{9 + 8 + 5} = 3,27 \Omega$$

$$R_C = \frac{5 \cdot 8}{9 + 8 + 5} = 1,82 \Omega$$

$$R_B = \frac{9 \cdot 5}{9 + 8 + 5} = 2,04 \Omega$$



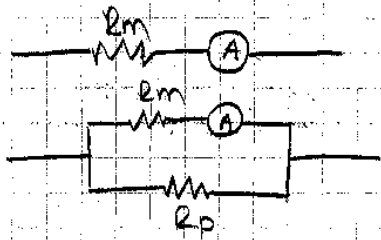
Şekildeki yıldız devrenin eşdeğeri olan üçgen devreyi bulunuz.



$$R_1 = \frac{2,26 \cdot 0,48 + 0,48 \cdot 2,08 + 2,26 \cdot 2,08}{2,26} = 3,5 \Omega$$

$$R_2 = \frac{2,26 \cdot 0,48 + 0,48 \cdot 2,08 + 2,26 \cdot 2,08}{0,48} = 14,13 \Omega$$

$$R_3 = \frac{2,26 \cdot 0,48 + 0,48 \cdot 2,08 + 2,26 \cdot 2,08}{2,08} = 3,26 \Omega$$

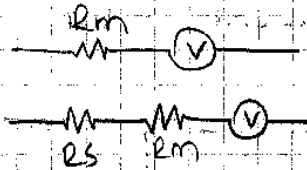


$$I = I_m + I_p$$

$$U = I_m R_m = I_p R_p$$

$$R_p = \frac{I_m}{I_p} \cdot R_m$$

$$\Rightarrow R_p = \frac{I_m}{I - I_m} \cdot R_m$$



$$I = \frac{U_s}{R_s} = \frac{U_m}{R_m}$$

$$U = U_s + U_m$$

$$= R_s \cdot I_s + R_m I_m$$

$$= I (R_s + R_m)$$

$$\Rightarrow R_s = \frac{U}{I_m} - R_m$$

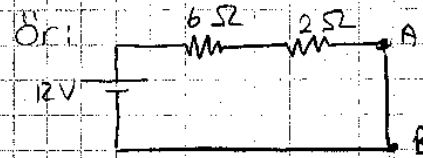
### NORTON TEOREMİ

Bir elektrik devresi herhangi iki noktasına göre bir akım kaynağı ve buna paralel bağlı dirençle gösterilebilir.

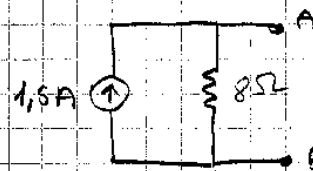
Elde edilen bu devreye Norton eşdeğeri denir. Devrede belirlenen iki nokta kısadevre edilerek buradan geçecek akım değeri Norton eşdeğerindeki akım, kaynağın değeridir.

Eşdeğer devredeki akım kaynağına paralel bağlı direncin değeri, devrenin belirlenen iki noktasına göre eşdeğer direncin değeridir.

Eşdeğer dirençler hesaplanırken gerilim kaynakları kısadevre edilir. Akım kaynakları da açık devre kabul edilir.

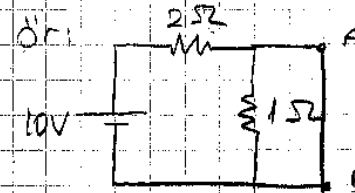


A B uçlarına göre Norton eşdeğerini bulunuz.



$$I = \frac{12}{8} = 1,5A$$

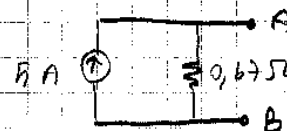
$$R = 6 + 2 = 8\Omega$$

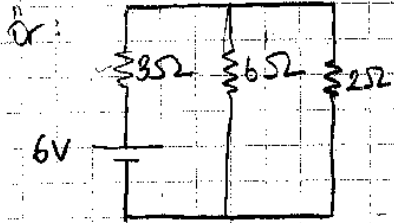


Şekildeki devrenin Norton eşdeğerini bulunuz.

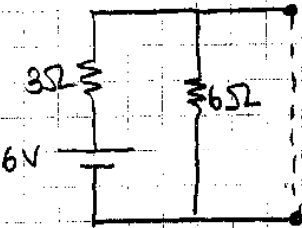
$$I = \frac{10}{2} = 5A$$

$$R = \left(\frac{1}{3} + 1\right)^{-1} = \left(\frac{4}{3}\right)^{-1} = \frac{3}{4}\Omega$$



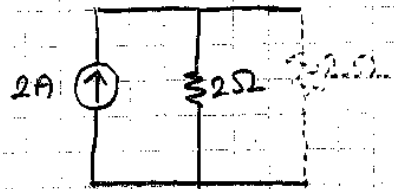


Şekildeki devrede  $2\Omega$ 'lık dirençten geçen akımı Norton teoremiyle bulunuz.

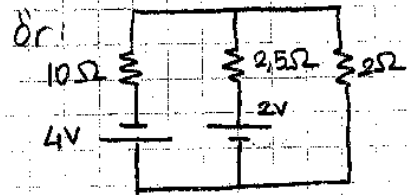


$$I = \frac{6}{3} = 2A$$

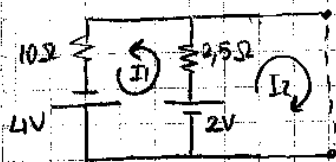
$$R_{eq} = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6}\right)^{-1} = 2\Omega$$



$$I_{eq} = 1A$$



$2\Omega$ 'lık dirençten geçen akımı Norton teoremiyle bulunuz.



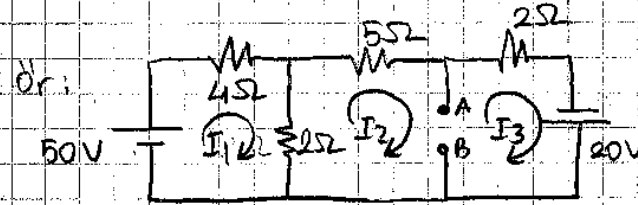
$$2,5 I_1 + 2,5 I_2 = 4$$

$$2,5 I_1 + 2,5 I_2 = 2$$

$$0 I_1 = 2 \Rightarrow I_1 = 0,4A$$

$$I_2 = 0,4A$$

$$R_{eq} = \left(\frac{1}{10} + \frac{10}{25}\right)^{-1} = 2\Omega$$



Şekildeki devrenin AB noktası göre Norton eşdi. bulunuz.

$$6 I_1 - 2 I_2 = 50$$

$$-2 I_1 + 7 I_2 = 0$$

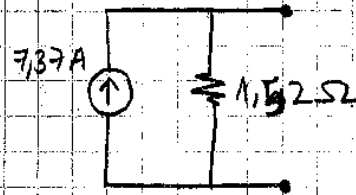
$$2 I_3 = 20 \Rightarrow I_3 = 10A$$

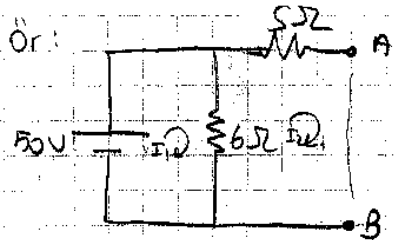
$$I_2 = \frac{50}{9} = 2,63A \quad I_1 = 9,21A$$

$$I_{AB} = I_3 - I_2 = 10 - 2,63 = 7,37A$$

$$R_{eq} = (4 \parallel 2) + 5 \parallel 2$$

$$= 1,52\Omega$$



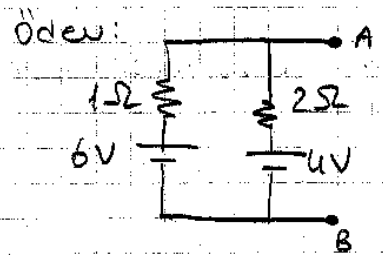
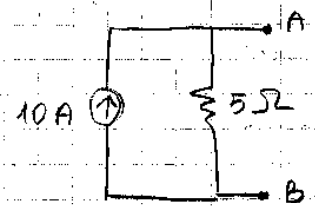


$$\begin{aligned} 6I_1 - 6I_2 &= 50 \\ -6I_1 + 11I_2 &= 0 \end{aligned}$$

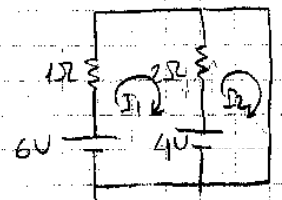

---


$$I_2 = 10 \text{ A}$$

$$R_{eq} = 5 \Omega$$

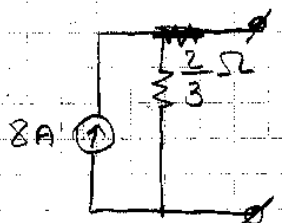


Sevildiği devrenin Norton eşdeğeri bulunuz.



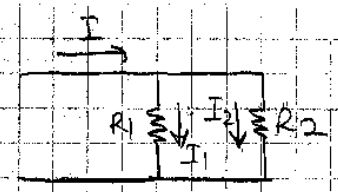
$$\begin{aligned} 3I_1 - 2I_2 &= 2 \\ -2I_1 + 2I_2 &= 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= 6 \text{ A} \\ I_2 &= 8 \text{ A} \end{aligned}$$



$$R = \left(1 + \frac{1}{2}\right)^{-1} = \frac{2}{3} \Omega$$

$$= 0,667 \Omega$$

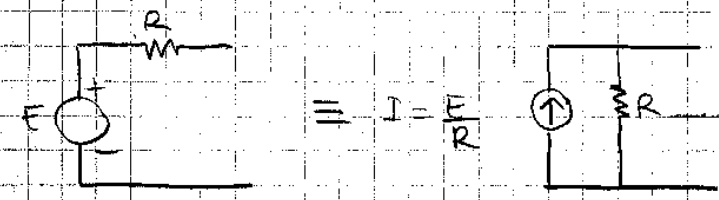


$$I = I_1 + I_2$$

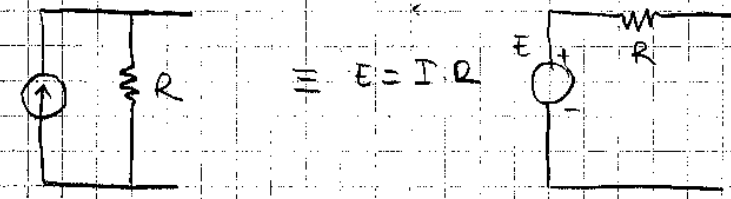
$$R_2 I_2 = R_1 I_1 \Rightarrow I_2 = \frac{R_1}{R_2} I$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{I}{R_1 + R_2} R_1$$

Bağımsız Kaynak Dönüşümleri

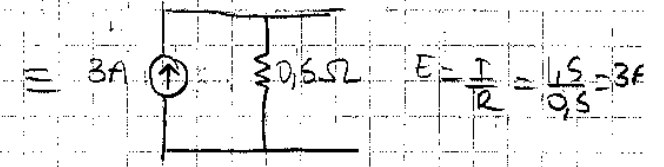
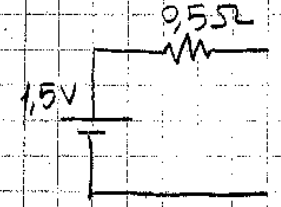


Gerilim kaynağından akım kaynağına dönüşüm

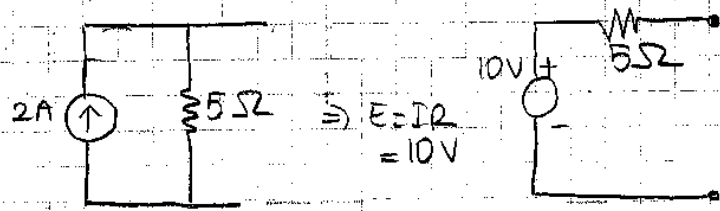


Akım kaynağından gerilim kaynağına dönüşüm

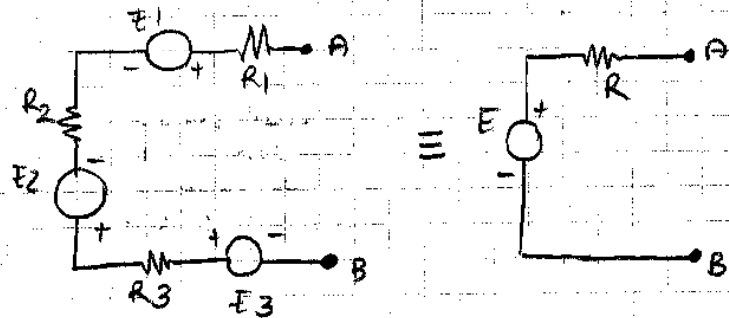
Ör: 0,5 Ω'lık iç dirence sahip 1,5V'lık pilin gerçek akım kaynağı eşdeğeri bulunuz.



Ör: Şekildeki akım kaynağını gerilim kaynağına çeviriniz.

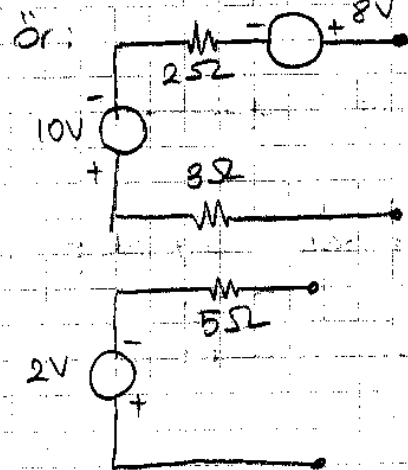


### Seri Gerilim kaynakları



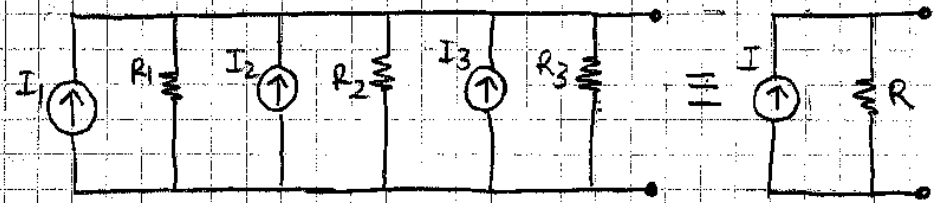
$$E = E_1 - E_2 + E_3$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$



Seri bağlı gerilim kaynaklarını tek bir gerilim kaynağına dönüştürünüz.

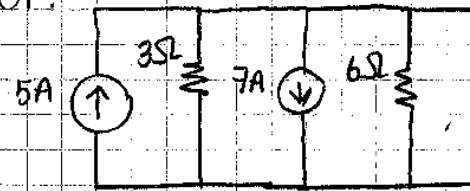
### Paralel Akım kaynakları



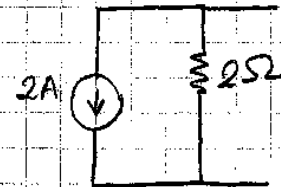
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$R = R_1 \parallel R_2 \parallel R_3$$

Ör:



Verilen akım kaynaklarını tek bir akım kaynağına dönüştürünüz.



$$I = 7 - 5 = 2A$$

$$R = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6}\right)^{-1} = 2\Omega$$

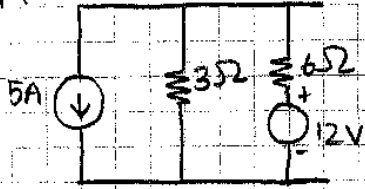
### Paralel Bağlı Akım ve Gerilim kaynaklarının Toplanması

Önce gerilim kaynakları eşdeğer akım kaynağına çevrilir ve paralel akım kaynakları cebirsel olarak toplanır.

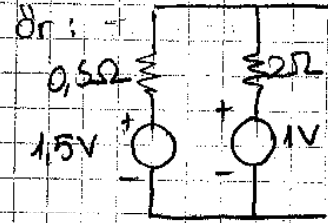
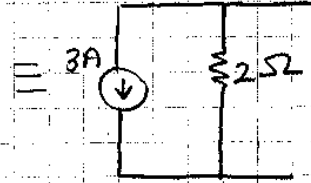
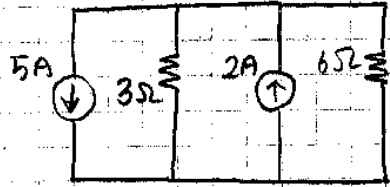
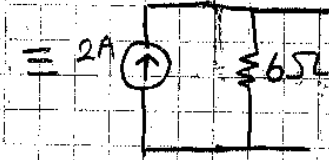
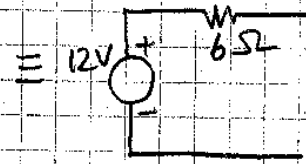
Bu devrenin eşdeğer gerilim kaynağı bulunur.



Ör:

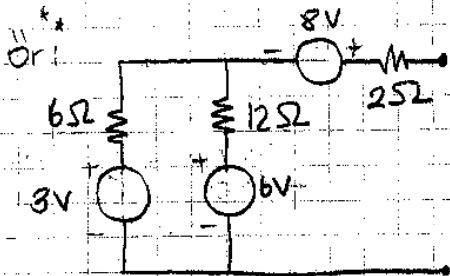
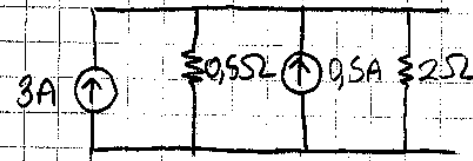
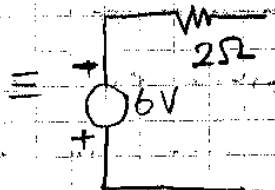


Verilen karma devreyi eşdeğer gerilim kaynağına dönüştürünüz.



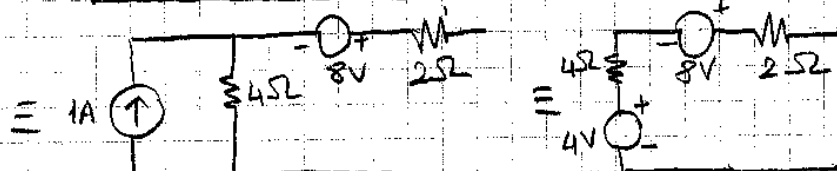
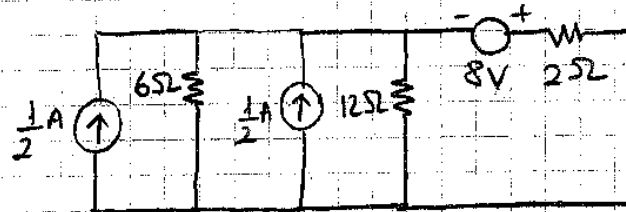
Ör:

Şekildeki devre nodelinin eşdeğer akım kaynağını bulunuz.

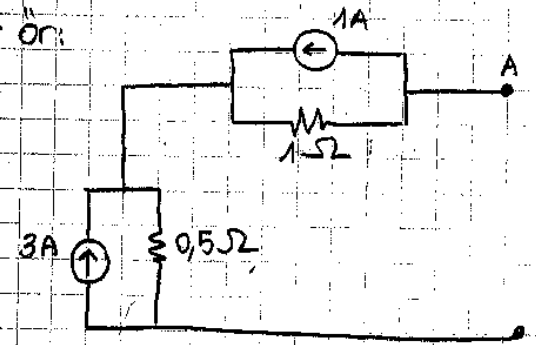


Ör:

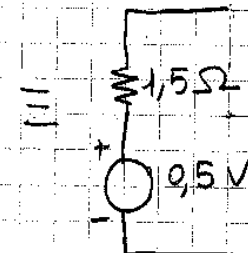
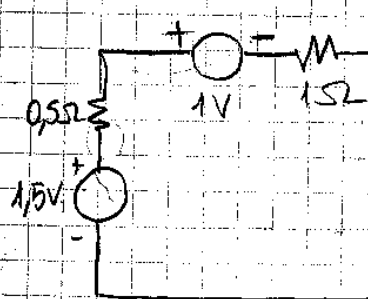
Şekildeki devre nodelinin eşdeğerini bulunuz.



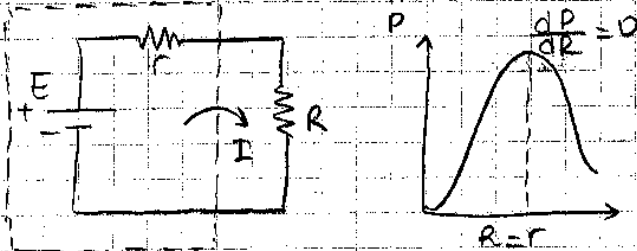
Ör:



Eşdeğer gerilim kaynağını bulunuz.



### 1. MAKSİMUM GÜÇ TEOREMİ



$$P = I^2 R = \left(\frac{E}{r+R}\right)^2 \cdot R$$

$$\frac{dP}{dR} = \frac{d}{dR} \left( \frac{E^2 R}{(r+R)^2} \right) = 0$$

$$\frac{d}{dR} \left( \frac{R}{(r+R)^2} \right) = \frac{(r+R)^2 - 2R(r+R)}{(r+R)^4}$$

$r = R$  de maksimum güç alıyor.

Kaynaktan maksimum güç çekebilmek için  $r = R$  durumunu sağlaması gerekir.

$$R=r \quad m = \frac{I^2 R}{I^2 (r+R)} = \frac{1}{2} \rightarrow \% 50$$

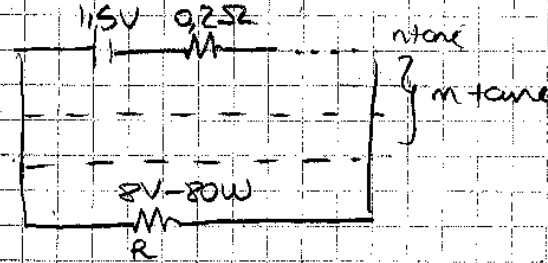
Ör: iç direnci  $0,2 \Omega$  olan bir akümülatörün emk'si  $12V$ 'dir. Bu akümülatörden çekilebilecek maksimum gücü bulunuz.

$r = R$  olmalı.

$$I = \frac{U}{r+R} = \frac{12}{0,4} = 30 A$$

$$P = I^2 R = 900 \cdot 0,2 = 180 W$$

Ödev:  $8V-80W$  bir alıcı emk'si  $1,5V$  ve iç direnci  $0,2 \Omega$  olan pillerin oluşturduğu bataryaya ile beslenecektir. kullanılacak en az pil sayısını bulunuz.



$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{80}{8} = 10 A$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{8}{10} = 0,8 \Omega$$

$$I = \frac{1,5n}{0,2 + \frac{0,2n}{m}} = 10$$

$$10 = \frac{1,5n}{1,6}$$

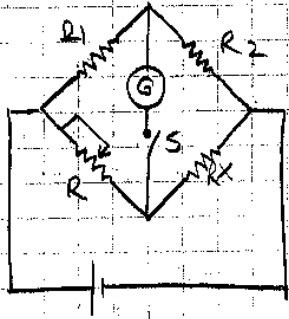
$$16 = 1,5n \Rightarrow n = \frac{16}{1,5} = 10,67 \approx 11 \text{ tane akü 1 kolda}$$

$$0,8 = \frac{0,2n}{m}$$

$$0,8 = 0,2 \cdot \frac{16}{1,5} \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow m = 3,2 \approx 3 \text{ kol var}$$

$$\text{Akü sayısı} \rightarrow 3 \cdot 11 = 33 \text{ adet}$$

### Wetstone Köprüsü



G → galvanometre (çok küçük akımları ölçer)

$$R_1 \cdot R_x = R_2 \cdot R$$

$$R_x = R \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

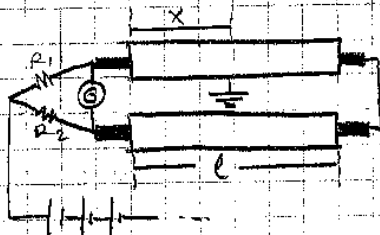
→ Anahtar kapalıyken

Bilinmeyen  $R_x$  direncini bilinen  $R_1, R_2$  ve  $R$  dirençlerini hesaplamaya yarayan bir ölçü cihazıdır.

Ölçüm yapılabilmesi için galvanometreden akım geçmeyecek şekilde  $R$  direnci ayarlanmalıdır.

Wetstone İtkesi  $0,1 \Omega$ 'dan küçük  $0,9 M\Omega$ 'dan büyük dirençlerin ölçülmesinde kullanılmaz.

### Murray İlmik Deneyi



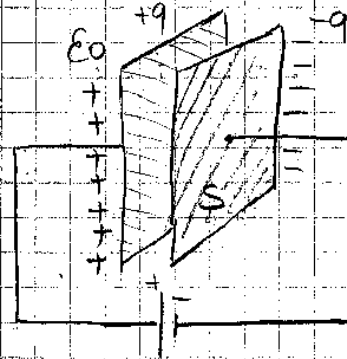
$$R_1(2l - x) = R_2 x$$

$$2lR_1 + R_1 x = R_2 x$$

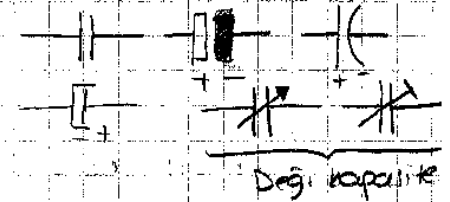
$$2lR_1 = x(R_2 - R_1)$$

$$x = 2l \left( \frac{R_1}{R_2 - R_1} \right)$$

### KONDANSATÖRLER (Kapasitör)



Katı Kond.  
Elektrolit Kond.  
Trimer Kond → Sabit kapasiteli kat



Kondansatörün yükü denilince levhaların bir üzerindeki yük miktarı anlaşılır.

(sığa)  
Bir kondansatörün  $C$  kapasitesi iletkenlerde (levha) birindeki yükün büyüklüğünün ( $q$ ) bu levhalar arasındaki potansiyel farkının ( $U$ ) büyüklüğüne oranı olarak tanımlanır.

Farad çok büyük bir sığa birimidir, bunun yerine küçükleri kullanılır.

$$1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$$

$$1 \text{ } \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

$$C = \frac{q}{U} = \left[ \frac{\text{C}}{\text{V}} \right] = [\text{F}]$$

Kapasiteyle birlikte çalışma gerilimi baz alınır (ör:  $10 \mu\text{F} / 35 \text{ V}$ )

Kapasiteyi arttırmak için kondansatörler paralel bağlanır. (V'leri arttırmak için seri bağ)

Ör: Bir kondansatörün uçlarındaki potansiyel farkı 50 V ve plakalarında biriken yük  $4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$  ise kapasite değerini bulunuz.

$$C = \frac{q}{V} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^1} = 0,8 \cdot 10^{-5} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 8 \text{ nF}$$

Ör: 10 nF'lik kondansatör 16 V'lık bir pile bağlanırsa kondansatörde kaç tane  $e^-$  depolanır?

$$q = C \cdot V = 10 \cdot 10^{-9} \cdot 16 = 16 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

$$x = \frac{16 \cdot 10^{-8}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 10^{15} \text{ tane}$$

### Kapasiteyi Etkileyen Büyüklükler:



1) Levhaların  $d$  uzaklığı azaltılırsa elektrik alan formülüne göre levhalar arasındaki gerilim de azalması gerekir.

2) Levhaların alanıyla doğru orantılıdır.

3) Plakalar arasında kullanılan yalıtken ortamın yalıtkenlik (dielektrik) katsayısıyla doğru orantılıdır.

$$C = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{p}}{\text{m}} \cdot \frac{S}{d} \cdot \epsilon_r$$

$\epsilon_r$  → yalıtkenin dielektrik katsayısı  
 Havanın dielektrik katsayısı (F/m)

Dielektrik katsayısı şu tabloya bulunur

	$\epsilon_r$	maksimum elektrik alanı ( $10^6 \text{ V/m}$ )
Hava	1	3
Boşluk	1	—
Parafin	2-2,5	10
Teflon	2,1	60
kağıt	3,7	16
lastik	6,7	12
Naylon	3,5	14
Silikon	12	—
Germanyum	16	—
Saf su	80	—

$\epsilon_r = \frac{E}{E_0}$  hesaplanarak tablodaki değerler bulunur  
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$

Ör: Paralel levhallı bir kondansatörün yüzey alanı  $10 \text{ cm}^2$  dir. Levhalar arası uzaklık  $2 \text{ mm}$  dir.

a) Kondansatörün kapasitesini bulunuz.

b) Kapasitörün taşıyabileceği maksimum yük ne kadardır?

(Havanın dayanabileceği maksimum elektrik alanı  $3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$ , Dielektrik malzemesi = hava)

c) Dielektrik katsayısı  $\epsilon_r = 2$  olan yalıtken bir maddede, kondansatörün arasını doldurarak şekilde yerleştirilirse yeni kapasite ne olur?

$$E = \frac{U}{d} \Rightarrow U = E \cdot d = 3 \cdot 10^6 \cdot 0,002 = 6 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$a) C = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 4,425 \text{ pF}$$

$$b) q = C \cdot U = 4,425 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 10^3 = 26,55 \cdot 10^{-9} = 26,55 \text{ nC}$$

$$c) C = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{KS}}{\text{d}} = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 8,85 \text{ pF}$$

Ör: Paralel levhali değişken bir kondansatörün kapasitesi  $C$  dir. İletken levhaların birbirini gören yüzeyini yarıya düşürüp aralarındaki uzaklık 4 katına çıkandıktan sonra levhalar arası dielektrik katsayısı  $k=4$  olan bir yalıtkan madde ile doldurulursa kondansatörün yeni kapasitesi ne olur?

$$C_1 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{KS}}{\text{d}}$$

$$C_2 = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{4 \text{ KS}/2}{4\text{d}} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{KS}}{\text{d}} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$2C_1 = C_2$$

Ör: Paralel levhali bir kondansatörün levhaları arasındaki uzaklık  $0,5 \text{ mm}$ , levhaların alanı  $400 \text{ cm}^2$ , kapasite değeri ise  $2,62 \text{ nF}$ . Levhalar aralındaki yalıtkan malzemenin dielektrik katsayısını bulunuz. (cinjini)

$$C = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{KS}}{\text{d}} \Rightarrow 2,62 \cdot 10^{-9} = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

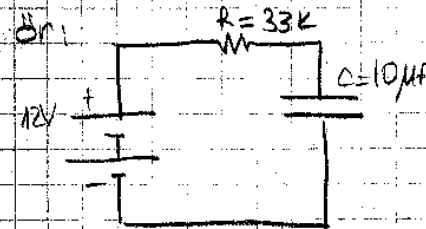
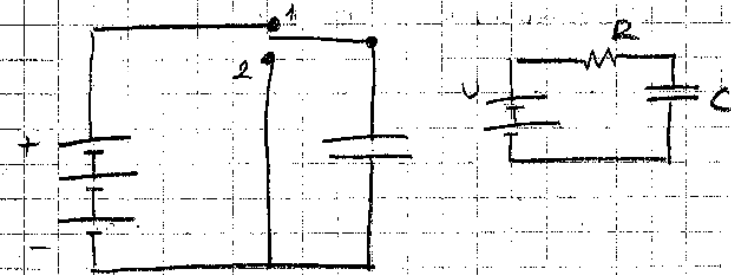
$$2,62 \cdot 10^{-9} = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{k \cdot 0,04}{5 \cdot 10^{-4}}$$

$$k = 3,7 \cdot 10^6 \text{ V/m} \rightarrow \text{kağıt}$$

Kondansatörde Şarj ve Deşarj, kondansatörün zaman sabiti

$$\tau = R \cdot C \rightarrow \text{Kondansatörün zaman sabiti}$$

Bir kondansatöre gerilim uygulandığında ilk anda kısıadevire özelliği gösterir ve maksimum akım akar. Fakat üzerindeki gerilim düzgün bir şekilde yükselir. Kondansatör tam şarj olduğunda akım sıfıra düşer ve üzerindeki gerilim, kaynak gerilimine eşit olur.

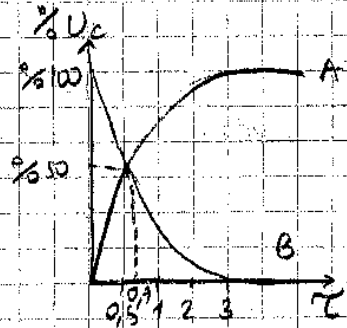


şekildeki devrenin zaman sabitini bulunuz.

$$\tau = R \cdot C$$

$$= 33 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0,33 \text{ sn.}$$

Kondansatörlerle yapılan laboratuvar çalışmaları neticesinde bir kondansatörün  $1\tau$  zamanında kaynak geriliminin %63'üne şarj olduğu,  $(2\tau \rightarrow \%86, 3\tau \rightarrow \%95, 4\tau \rightarrow \%98, 5\tau \rightarrow \%99,3)$  tespit edilmiştir.



A eğrisi → şarj  
 B " →deşarj  
 $\tau$  → zaman sabiti  
 $\tau$  → kaynak geriliminin % kaça şarj olduğunu

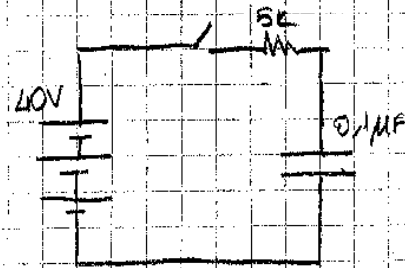
ör:  $3k\Omega$  'luk bir direnç,  $0,2\mu F$  'lik bir kondansatör seri olarak  $20V$  değerindeki bir kaynağa bağlıdır. kondansatör ne kadar zaman sonra tabii gerilimin tamamına şarj olur?

$$\tau = R \cdot C = 3 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-8} = 6 \cdot 10^{-4} s$$

$$6 \cdot 10^{-4} \cdot 5 = 3 \cdot 10^{-3} s \rightarrow \text{tabii ger. tamamı}$$

ör:  $5k\Omega$  'luk bir direnç ile  $0,1\mu F$  'lik bir kondansatör seri olarak  $40V$  DC değerindeki kaynağa bağlanıyor, devreye gerilim uygulandıktan  $1000\mu s$  sonra

- kondansatör üzerindeki gerilimi
- Direnç üzerindeki gerilimi
- Devreden geçen akımı bulun.



$$\tau = R \cdot C = 5 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 5 \cdot 10^{-4} s$$

$$\frac{10^{-3}}{5 \cdot 10^{-4}} = 2 \tau$$

$$a) 2 \tau \rightarrow \%86$$

$$U_c = 40 \cdot \frac{86}{100} = 34,4V$$

$$b) U_R = 40 - U_c = 40 - 34,4 = 5,6V$$

$$c) I = \frac{U_R}{R} = \frac{5,6}{5 \cdot 10^3} = 1,12 \cdot 10^{-3} A = 1,12 mA$$

ör:  $10\mu F$  'lik bir kondansatör  $R$  direnciyle beraber  $100V$  'lük bir kaynağa seri bağlıdır  $100\mu s$  sonra kondansatör  $50V$  'a şarj olduğuna göre devredeki  $R = ?$

$$\%50 \rightarrow 0,7 \tau$$

$$0,7 \tau = 100\mu s$$

$$\tau = 1428,57 \mu s$$

$$R = \frac{\tau}{C} = \frac{1428,57 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-9}} = 142,857 k\Omega$$

ör:  $1\mu F$  'lik bir kondansatör ile  $1k\Omega$  'luk direnç anahtar ile  $200V$  'lük kaynağına seri bağlıdır. Anahtar kapandıktan  $2\mu s$  sonra kondansatör üzerindeki gerilim ne olurdu.

$$\tau = R \cdot C = 10^3 \cdot 10^{-6} = 10^{-3} sn = 1 ms$$

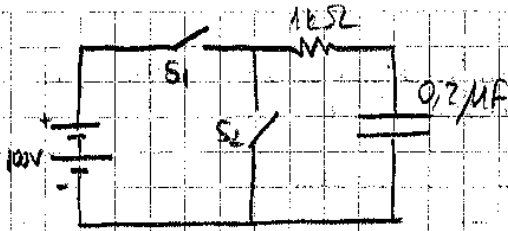
$$2\mu s \rightarrow 2 \tau = \%86$$

$$U = \frac{200 \cdot 86}{100} = 172V$$

ör: Şekildeki devrede direnç üzerindeki gerilim  $37V$  olana kadar  $S1$  anahtarı kapalı,  $S2$  anahtarı ise açıktır. Bu andan itibaren  $S1$  akık  $S2$  kapalı olarak alınmaktadır.

a) Direnç üzerinden  $37V$  düşürmeye kadar geçen zamanı

b) kondansatörün şarj olmuştuk  $400\mu s$  sonra kondansatör üzerindeki gerilimi bulunuz.



a)  $U_C = 100 - 37 = 63 \text{ V}$

$63 \text{ V} \rightarrow 1 \Omega$

$\tau = R \cdot C = 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} = 0,2 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ ms} = 200 \mu\text{s}$

b)  $400 \mu\text{s} = 2 \tau$

$2 \tau \rightarrow \% 13 \rightarrow$  deşarj durumu

$U_C = 63 \cdot \frac{13}{100} = 8,2 \text{ V}$

Şarj esnasındaki kondansatörün uçlarındaki gerilim ile akım şöyle hesaplanır.

$U_C = U(1 - e^{-t/RC})$

$I = \frac{U}{R} e^{-t/RC}$

Deşarj durumunda:

$U_C = U \cdot e^{-t/RC}$

$I = -\frac{U}{R} e^{-t/RC}$

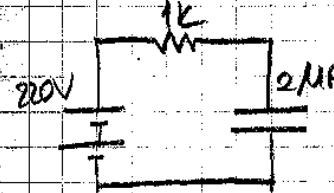
ör.  $2 \mu\text{F}$ 'lik bir kondansatör  $1 \text{ k}\Omega$ 'lık bir dirençle birlikte  $220 \text{ V}$ 'lük kaynağa bağlıdır.

a) Devrenin zaman sabitini bulunuz

b) Başlangıçta kondansatör uçlarındaki gerilimi

c) İlk anda devreden geçen akımı

d) Devreye akım uygulandıktan  $1,5 \text{ ms}$  sonra kondansatör üzerindeki gerilimi ve devreden geçen akımı bulunuz.



a)  $\tau = \frac{R \cdot C}{1000} = \frac{10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{1000} = 2 \cdot 10^{-3} = 2 \text{ ms}$

b) 0

c)  $I = \frac{U}{R} \cdot e^{-t/RC} = \frac{U}{R} = \frac{220}{1000} = 220 \text{ mA}$

d)  $U = U(1 - e^{-t/RC})$   
 $= 220(1 - e^{-1,5 \cdot 10^{-3} / (10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-6})})$   
 $= 220(1 - e^{-0,75}) = 220(1 - 0,47) = 116,6 \text{ V}$

$I = \frac{U}{R} e^{-t/RC} = \frac{220}{1000} e^{-0,75} = 0,22 \cdot 0,47 = 103,4 \mu\text{A}$

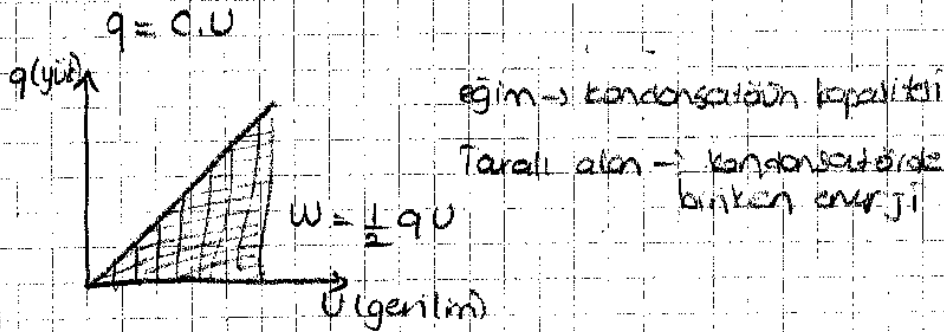
Ör: Üzerinde 220V olan 2  $\mu$ F'lık kondansatör 15k $\Omega$ 'lık direnç üzerinden boşatılıyor. 20ms sonra kondansatör üzerindeki gerilimi ve devreden geçen akımı hesaplayınız.

$$I = \frac{U}{R} e^{-t/RC} = \frac{220}{5000} \cdot e^{-20 \cdot 10^{-3} / (5000 \cdot 2 \cdot 10^{-6})}$$

$$= \frac{22}{500} \cdot e^{-2} = \frac{22 \cdot 0,135}{500} = 5,94 \text{ mA}$$

$$U = U_0 e^{-t/RC} = 220 e^{-2} = 220 \cdot 0,135 = 29,7 \text{ V}$$

Kondansatörde Depo edilen enerji



$$W = \frac{1}{2} qU = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

Ör: 5  $\mu$ F'lık bir kondansatörün uçlarına 600V'lık gerilim uygulanmaktadır. Buna göre kondansatörde depolanan enerjiyi bulunuz.

$$W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 36 \cdot 10^4 = 0,9 \text{ J}$$

Ör: Yüsel bir kondansatöre 12V potansiyel fark uygulandığında 48  $\mu$ J enerji depolanmaktadır. Kondansatörün kapasitesi

$$W = \frac{1}{2} CU^2 \Rightarrow 48 \cdot 10^{-6} = \frac{1}{2} C \cdot 12^2$$

$$C = \frac{48 \cdot 10^{-6}}{72} = 0,67 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 0,67 \text{ } \mu\text{F}$$

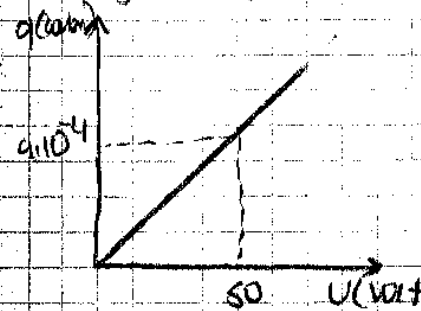
Ör: 400  $\mu$ F'lık bir kondansatör 200V potansiyel fark ile yüklenmiştir. Kondansatörün uçları bir tane ile birleştirilirse kaç kalorilik ısı enerjisi yayılır?

$$E = 0,24 \text{ cal}$$

$$W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^4 = 8 \text{ J}$$

$$E = 8 \cdot 0,24 = 1,92 \text{ cal}$$

Ör: Bir kondansatörün uçlarındaki gerilim ile değişen yük miktarının grafiği verilmiştir.



Kondansatörün uçlarına 1000V uygulandıysa depolanan enerji ne kadardır?

$$W = \frac{1}{2} CU^2$$

$$q = C \cdot U \Rightarrow C = \frac{q}{U} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{50} = 8 \text{ } \mu\text{F}$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6 = 4 \text{ J}$$



Ör. Plakalarından birinin alanı  $100 \text{ cm}^2$  olan paralel plakalı kondansatörün plakaları arasındaki mesafe  $0,5 \text{ cm}$  olup dielektrik sabiti  $2,26$  olan yalıtımla örtülmüştür. Bu kondansatör  $2000 \text{ V}$ 'luk bir gerilimle yükleniyor. Buna göre kondansatörün

- kapasitesini
- yükünü
- enerjisini bulunuz.

$$d = 0,5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S = 100 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$k = 2,26$$

$$U_c = 2000 \text{ V} = 2 \text{ kV}$$

$$a) C = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{k \cdot S}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{2,26 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-3}} = 40 \cdot 10^{-12} = 40 \text{ pF}$$

$$b) q = C \cdot U = 40 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^3 = 80 \text{ nC}$$

$$c) W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} 40 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^6 = 80 \cdot 10^{-6} = 80 \text{ } \mu\text{J}$$

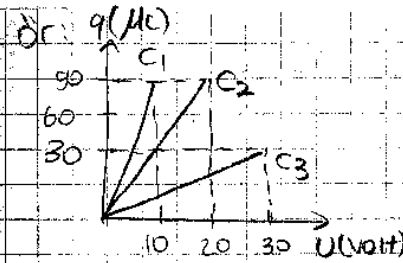
### Kondansatörün Bağlantıları

#### a) Seri Bağlantı

Buradaki yük, seri bağlı dirençlerdeki akıma benzerdir. Nasıl her dirençten geçen akım birbirine eşit ise seri bağlı kondansatörlerin yükleri birbirine eşit olur.

$$\frac{1}{C_{es}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_{es} : q_1 = q_2 = \dots$$



$$C_1 = \frac{q_1}{U_1} = \frac{90}{10} = 9 \text{ } \mu\text{F}$$

$$C_2 = \frac{q_2}{U_2} = \frac{90}{20} = 4,5 \text{ } \mu\text{F}$$

$$C_3 = \frac{q_3}{U_3} = \frac{30}{30} = 1 \text{ } \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C_{es}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{9} + \frac{1}{4,5} + \frac{1}{1} = \frac{60}{45} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{3}{4} \text{ } \mu\text{F}$$



Şebekedeki devrede

- $C_{es} = ?$
- $q = ?$
- Her kondansatörün yükü = ?
- Her kondansatörün gerilimi = ?

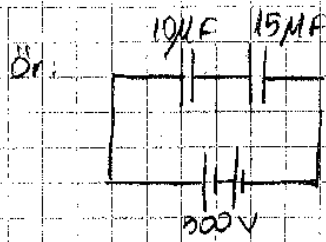
$$a) \frac{1}{C_{es}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} \Rightarrow C_{es} = 2 \text{ } \mu\text{F}$$

$$b) q = C_{es} \cdot U = 2 \cdot 12 = 24 \text{ } \mu\text{C}$$

$$c) q_1 = q_2 = 24 \text{ } \mu\text{C}$$

$$d) U_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{24}{3} = 8 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{q_2}{C_2} = \frac{24}{6} = 4 \text{ V}$$



Şekildeki devrede  
 a)  $C_{eş} = ?$   
 b)  $U_1 = ?$   
 c)  $U_2 = ?$   
 d)  $C_1$  ve  $C_2$  de depolanan enerji miktarlarının oranını bulunuz.

a)  $\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{5}{30} = \frac{1}{6} \Rightarrow C_{eş} = 6 \mu F$

b)  $q_{eş} = C_{eş} U_1 = 6 \cdot 500 = 3000 \mu C$

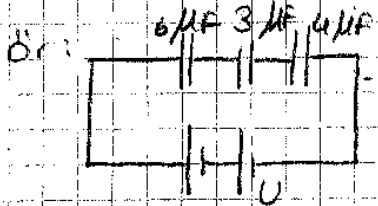
$U_1 = \frac{q}{C} = \frac{3000}{10} = 300 V$

c)  $U_2 = \frac{q}{C} = \frac{3000}{15} = 200 V$

d)  $W = \frac{1}{2} q U_1 = \frac{1}{2} \cdot 3000 \cdot 300 = 450000 \mu J = 0,45 J$

$W = \frac{1}{2} q \cdot U_2 = \frac{1}{2} \cdot 3000 \cdot 200 = 300000 \mu J = 0,3 J$

$\frac{W_1}{W_2} = \frac{450000}{300000} = \frac{3}{2} = 1,5$



Şekildeki devrede  $3 \mu F$ 'lük kond. üzerinde  $120V$  varsa  $U = ?$

$q_3 = q_{eş} = C_1 U = 3 \cdot 120 = 360 \mu C$

$U_1 = \frac{360}{6} = 60$

$U_2 = \frac{360}{3} = 120$

$U_T = 60 + 90 + 120 = 270 V$

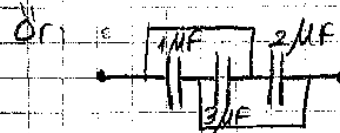
b) Paralel Bağlı Kondansatörler



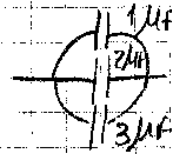
$U = U_1 = U_2 = \dots$

$q_T = q_1 + q_2 + \dots$

$C_{eş} = C_1 + C_2 + \dots$



$C_{AB} = ?$



$\Rightarrow C_{eş} = 1 + 2 + 3 = 6 \mu F$

BOBINLER

İçinden elektrik akımı geçmesi halinde manyetik akı oluşturan ve manyetik alanı depolayan devre elemanına bobin denir.

Birimi Henry (H) dir.

Bobin Geşitleri

1) Sabit Bobinler

a) Hava Nüveli Bobinler

Geçmişte yüksek frekanslı devrelerde kullanılan biriminin FM radyo alıcı-vericileri, TV antenleri ve yükselteçlerde.

## b) Ferit Nüveli Bobinler



Radio frekans devrelerinde kullanılır. Nüve olarak manyetik geçirgenliği yüksek bir malzemeden oluşur (Al, Fe, Nikel, Kobalt, Cu ve bazı katkı maddeleri).

## c) Demir Nüveli Bobinler



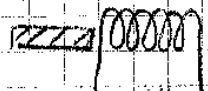
Demir çekirdek çok sayıda ince sacdan yapılır.

## d) Toroid Bobinler

Simit şeklinde sarılmış bobinlerdir. Manyetik akı sızıntısı gerçekleştirmez. Bobin keremi yüksektir. Manyetik akının diğer elemanlarının etkilenmesini istenmediği durumlarda kullanılır.

## 2) Değişken Endüktanslı Bobinler

## a) Nüvenin giriş çıkışını ayarlayarak



$$L = 20,11 \mu H$$

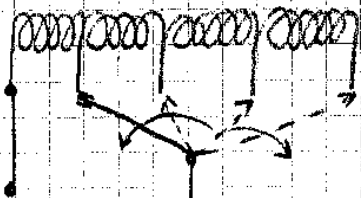


$$L = 22,85 \mu H$$



$$L = 130 \mu H$$

## b) Sarım Sayısını Değiştirerek



$$L_1 = 10 \mu H$$

$$L_2 = 20 \mu H$$

$$L_3 = 30 \mu H$$

## Öz Endüktans Katsayısı

$\Phi$  Manyetik Akı Birimi = Weber [wb]

$$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (\text{Bobin içine endüğe edilen emk})$$

$\downarrow$   
[V]

$$E = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (n \text{ tane bobin için})$$

$\Delta \Phi$  manyetik akısı değişimi devrenin akı değişimi olarak kabul edilir. Bobin değeri Henry (H) olan endüktans, doğrudan sarım sayısıyla ilgili olduğundan

$$E = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \text{şeklinde yazılabilir}$$

$$\left( L = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta I} \right) \rightarrow \text{Henry cinsinden öz endüktans katsayısı}$$

Bobinin fiziksel parametrelerine bağlı olarak endüktansı

$$L = n^2 \frac{\mu_0 \mu_r S}{l} \quad \text{formülüyle hesaplanır}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

S = kesit alanı (Nüvenin)

l = uzunluk (Bobinin)

n = sarım (spir) sayısı

Ör: 600 sarımlık bir bobinin uzunluğu 6,28 cm, kesit alanı 10 cm<sup>2</sup> dir. Nüvesiz bobinin endüktans değerini bulunuz.

$$L = n^2 \frac{\mu_0 \mu_r S}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot (600)^2}{6,28 \cdot 10^{-2}}$$

$$L = 10^{-3} \text{ H} \quad \text{veya} \quad 1 \text{ mH}$$

Ör: Bir bobinden geçen akım 0,1 s'de 50 A'den 0'a indiğinde 1V'luk öz endüksiyon emk'si oluşturmaktadır. Bobinin endüktansını bulunuz.

$$E = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{E \Delta t}{\Delta I} = \frac{0,1 \cdot 1}{50} = 0,002 \text{ H}$$

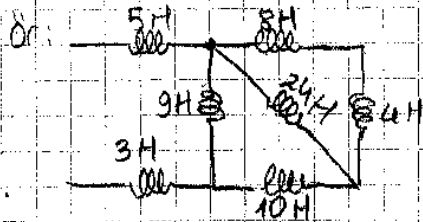
Ör: Bir bobinden 1ms'de akım 6A'den 4A'ye düştüğüne göre ve öz indüktleme emk'si 400V olduğuna göre bobinin emk'sini bulunuz.

$$E = 400 \text{ V} \quad L = \frac{E \Delta t}{\Delta I} = \frac{400 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,2 \text{ H}$$

$$\Delta I = 6 - 4 = 2 \text{ A}$$

### Seri ve Paralel Bağlı Bobinler:

Seri bağlı bobinlerdeki işlem seri bağlı dirençlerdeki gibi, paralel bağlı bobinlerdeki işlem paralel bağlı dirençlerdeki gibidir.



$$\left( \left( (8+5) \parallel 24 + 10 \right) \parallel 9 \right) + 3 + 10$$

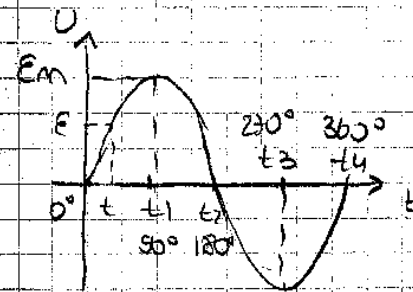
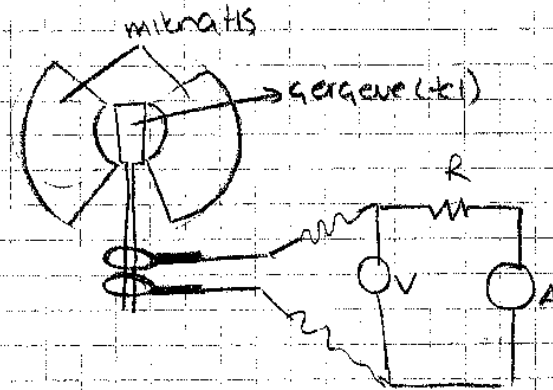
$$= 14 \text{ H}$$

### Alternatif Akım:

Gerçevede endüktlenmiş emk'nin herhangi bir andaki değeri

$$E = E_{\max} \sin(\omega t)$$

ac frekansı  $\omega = 2\pi f$



periyot: emk'nin 0'dan başlayarak pozitif maksimum değere, düşerek 0'a ve negatif maksimum değere, buradan da tekrar 0'a ulaşması için geçen zamana periyot denir. ( $T = \text{periyot}$ )

Mekanik modelde bobinin  $L$  tur atması için geçen zamandır.

frekans: 1 saniyedeki titreşim sayısı ( $f = 1/T$ )  
 [Herz  $\rightarrow$  [Hz], 1/s)

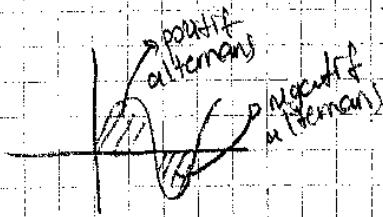
ör: frekansı 50 Hz olan alternatif akımın periyodunu bulunuz.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ s}$$

ör: periyodu 2 ms olan alternatif akımın frekansını bulunuz.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,002} = 500 \text{ Hz}$$

Alternans: Yarım periyot zamanındaki salınım.



Açısal Hız ( $\omega$ ): Manyetik alan içinde döndürülen iletken veya bobinin 1 s'de kat ettiği açı açısal hız denir. Açısal hız ile frekans arasındaki ilişki  $\rightarrow \omega = 2\pi f$

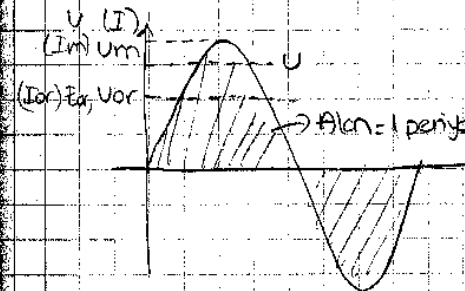
Dalga Boyu: Işık hızının frekansa oranına dalga boyu denir.

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \text{ (m)}$$

ör: Maksimum değeri 100 V, frekansı 50 Hz olan alternatif gerilimin  $t = 1 \text{ ms}$ 'deki anlık değerini bulunuz.

$$\begin{aligned} u(t) &= U_m \sin \omega t \\ &= 100 \cdot \sin(2\pi f t) \\ &= 100 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot 1 \cdot 10^{-3}) \\ &= 100 \cdot \sin 18^\circ \\ &= 100 \cdot 0,3 = 30 \text{ V.} \end{aligned}$$

### Ortalama Değer



$$\begin{aligned} U_{or} &= \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_n}{n} \\ &= 0,636 U_m = \frac{2}{\pi} U_m \end{aligned}$$

$$U_{or} = \frac{\text{Alan}}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T u dt$$

$$I_{or} = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{n}$$

$$I_{or} = \frac{1}{T} \int_0^T i dt$$

$$\begin{aligned} u(t) &= U_{max} \sin \omega t \\ \omega &= 2\pi f \end{aligned}$$

(Hesaplanan değerler sinüsoidal dalga için)

### Etkin Değer: (RMS)

Doğru akımın yaptığı işe eşit iş yapan alternatif akımın doğru akıma eş olan değerine etkin değer denir.

$$U = \sqrt{\frac{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2 dt} = 0,707 U_m$$

$$I = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2 dt} = 0,707 I_m$$

### Şekil faktörü

Bir dalganın efektif değerinin ortalama değerine bölünmesiyle o dalganın şekil faktörü elde edilir.

$$\frac{U}{U_{ort}} = \frac{0,707 U_m}{0,636 U_m} = 1,11$$

### Genlik katsayısı: (Tepe faktörü)

Bir dalganın maksimum değerinin etkin değere bölünmesiyle bu katsayı hesaplanır.

$$\frac{U_m}{U} = \frac{U_m}{0,707 U_m} = 1,41$$

Ör: Bir direncin uçları arasındaki alternatif gerilim  $56,56 \text{ V}$  ve alternatif akımın frekansı  $50 \text{ Hz}$  dir. Gerilimin 0'dan geçtikten  $15 \text{ ms}$  sonra aldığı değeri bulunuz.

$$U = 56,56 \text{ V}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

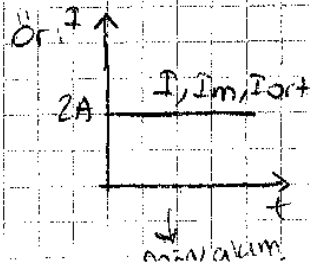
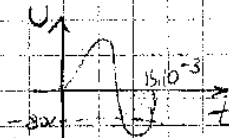
$$t = 15 \cdot 10^{-3} \text{ ms}$$

$$U_t = U_{max} \sin \omega t$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50$$

$$U_{max} = \frac{U}{0,707} = \frac{56,56}{0,707} = 80 \text{ V}$$

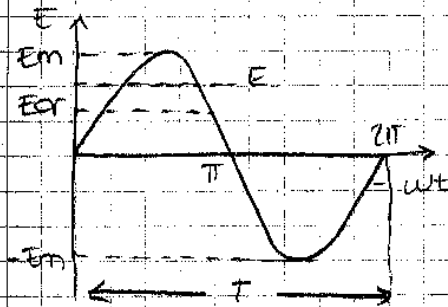
$$U_t = 80 \sin(2\pi \cdot 50 \cdot 15 \cdot 10^{-3}) = -80 \text{ V}$$



Çıkarındaki  $I, I_m, I_{ort}$  değeri bulunuz.

$$I_m = I = I_{ort} = 2 \text{ A}$$

Ör: Şekildeki sinüsoidal Eor ve E efektiflerini bulunuz.



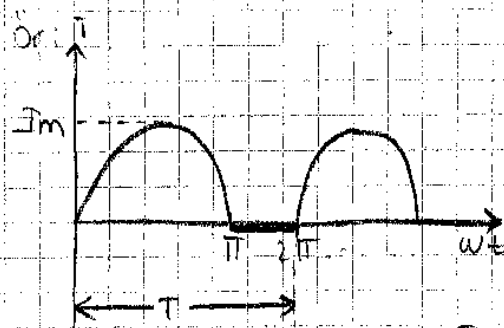
Sinüsoidal eğrinin 1 periyottaki ortalama değeri 0'dır. Bu yüzden ortalama değeri yarım periyot için hesaplayacağız.

$$\begin{aligned} E_{or} &= \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} E dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} E_m \sin \omega t d\omega t \\ &= \frac{1}{\pi} E_m \left[ -\cos \omega t \right]_0^{\pi} = \frac{E_m}{\pi} (-\cos \pi - (-\cos 0)) \\ &= \frac{E_m}{\pi} (-(-1) - (-1)) = \frac{2}{\pi} E_m = 0,636 E_m \end{aligned}$$

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T E^2 dt}$$

$$\begin{aligned} E^2 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (E_m)^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t) \\ &= \frac{(E_m)^2}{2\pi} \left[ \frac{\omega t}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\omega t \right]_0^{\pi} \\ &= \frac{(E_m)^2}{4\pi} \left[ 2\pi - \frac{1}{2} \sin 4\pi - \left( 0 - \frac{1}{2} \sin 0 \right) \right] \\ &= \frac{(E_m)^2}{4\pi} 2\pi = \frac{(E_m)^2}{2} \end{aligned}$$

$$E^2 = \frac{E_m^2}{2} \Rightarrow E = \sqrt{\frac{E_m^2}{2}} = 0,707 E_m$$

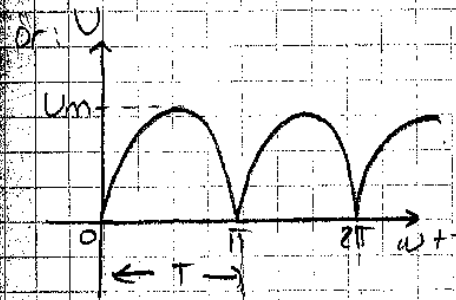

 $I_{ort}, I = ?$ 

$$\begin{aligned}
 I_{ort} &= \frac{1}{T} \int_0^T i dt = \frac{1}{2\pi} \left( \int_0^{\pi} i_m \sin \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} 0 dt \right) \\
 &= \frac{1}{2\pi} i_m \left| -\cos \omega t \right|_0^{\pi} = \frac{i_m}{2\pi} (-\cos \pi - \cos 0) \\
 &= \frac{i_m}{2\pi} (-(-1) - (-1)) = \frac{i_m}{\pi} = 0,318 i_m
 \end{aligned}$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

$$\begin{aligned}
 I^2 &= \frac{1}{2\pi} \left( \int_0^{\pi} i_m^2 \sin^2 \omega t d\omega t + \int_{\pi}^{2\pi} 0 dt \right) \\
 &= \frac{1}{2\pi} i_m^2 \left| \left( \omega t - \frac{1}{2} \sin 2\omega t \right) \right|_0^{\pi} \\
 &= \frac{1}{2\pi} i_m^2 \left[ \frac{1}{2} (\pi - \frac{1}{2} \sin 2\pi) - \left( 0 - \frac{1}{2} \sin 0 \right) \right]
 \end{aligned}$$

$$I^2 = \frac{i_m^2}{4} \Rightarrow I = \frac{i_m}{2} = 0,5 i_m$$

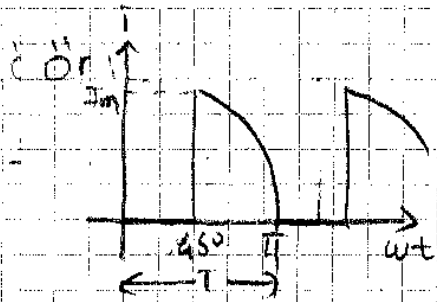

 $U_{ort} = ?$   
 $U = ?$ 

$$\begin{aligned}
 U_{ort} &= \frac{1}{T} \int_0^T u dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} u_m \sin \omega t d\omega t \\
 &= \frac{1}{\pi} u_m \left| -\cos \omega t \right|_0^{\pi} = \frac{1}{\pi} u_m (-\cos \pi + \cos 0) \\
 &= \frac{2}{\pi} u_m = 0,636 u_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U^2 &= \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} u_m^2 \sin^2 \omega t d\omega t \\
 &= \frac{u_m^2}{\pi} \left| \frac{1}{2} \left( \omega t - \frac{1}{2} \sin 2\omega t \right) \right|_0^{\pi}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{u_m^2}{\pi} \frac{1}{2} \left( \pi - \frac{1}{2} \sin 2\pi - 0 + \frac{1}{2} \sin 0 \right)$$

$$U^2 = \frac{u_m^2}{2} \Rightarrow U = \frac{u_m}{\sqrt{2}} = 0,707 u_m$$

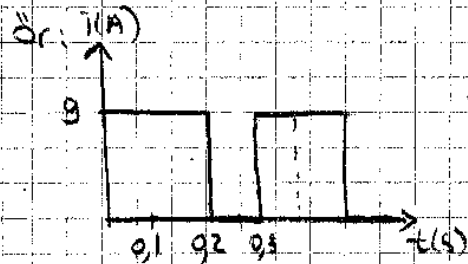


$I_{or}, I = ?$

$$I_{or} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin \omega t d\omega t = \frac{1}{\pi} I_m \left| -\cos \omega t \right|_0^{\pi}$$

$$= \frac{1}{\pi} I_m (-\cos \pi + \cos 0) = \frac{1,707}{\pi} I_m = 0,543 I_m$$

$$I = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} I^2 dt = \frac{1}{\pi} I_m^2 \int_0^{\pi} \sin^2 \omega t d\omega t = 0,67 I_m$$

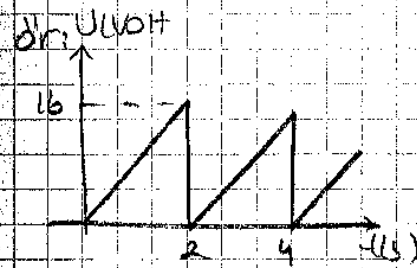


Verilen sinyalin ortalama ve etkin değerlerini bulunuz.

$$I_{or} = \frac{\text{Alan}}{T} = \frac{0,2 \cdot 9}{0,3} = 6 \text{ A}$$

$$I = \sqrt{\frac{\text{Alan}}{T}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 9}{0,3}} = \sqrt{6} = 2,45 \text{ A}$$

Akımın karesinden geliyor.



Şekildeki testere gibi dalgaın ortalama ve etkin değerlerini, frekansını ve şekil faktörünü bulunuz.

$$U_{or} = \frac{2 \cdot 16}{2} \cdot \frac{1}{2} = 8 \text{ V}$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T 64 t^2 dt} = 9,23 \text{ V} \quad \left( I = kX = \frac{1}{T} \int_0^T kX dt \right)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0,5$$

$$\text{Şekil fakt.} = \frac{U}{U_{or}} = \frac{9,23}{8}$$